



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos.*  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**GESTIÓN DEL PROYECTO DE  
CONSTRUCCIÓN DE INGENIERÍA  
CIVIL:  
ENSANCHE,  
ACONDICIONAMIENTO Y  
REFUERZO DE FIRME en la A-121  
P.K. 24+670 a P.K. 15+000.  
Tramo: RICLA-FUENDEJALÓN**

Autor:

*Alberto Garmendia Gutiérrez*

Dirigido:

*Luis Acebes Escudero*

Titulación:

**Máster Universitario en  
Ingeniería de Caminos, Canales y  
Puertos**

Santander, Febrero de 2020

**TRABAJO FIN DE MASTER**

## RESUMEN

**Título:** Gestión del proyecto de construcción en ingeniería civil: Ensanche, acondicionamiento y refuerzo de firme en la A-121 P.K. 24+670 a P.K. 15+000. Tramo Ricla-Fuendejalón.

**Autor:** Alberto Garmendia Gutiérrez

**Director/es:** Luis Manuel Acebes Escudero

**Titulación:** Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

**Convocatoria:** febrero 2020

El presente documento consiste en un estudio de la obra entre los P.K.24+670 y P.K. 15+000 de la carretera autonómica A-121 en la provincia Zaragoza en la cual estuve trabajando durante la mayor parte como ingeniero en prácticas para la empresa constructora que las realizó. La idea del estudio es que una persona ajena a la obra y al proyecto fuese capaz de adquirir los conocimientos necesarios sobre la realización de las distintas unidades de obra teniendo en cuenta los materiales a emplear, la maquinaria y el personal necesario, los costes derivados de todas las operaciones en la obra, así como un análisis concreto en aquellos aspectos en los cuales lo estipulado en proyecto pueda ser cuestionable o no recomendable.

Por lo tanto, el proyecto se dividirá en 3 partes principales:

- **Memoria constructiva:** consiste en una guía sobre los procedimientos constructivos para los 9 apartados del proyecto (movimiento de tierras, drenaje, firmes, señalización, reposición de servicios, restauración ambiental, seguridad y salud, desvíos de tráfico y gestión de residuos) dando todos aquellos detalles que puedan ser relevantes para la construcción de los mismos y haciendo referencia a aquellas partes del proyecto necesarias. Además, se han realizado estimaciones de tiempo para el plazo de ejecución de las distintas actividades de la obra con dos fines:
  - Elaborar un plan de obra en el que figuren los plazos de ejecución de las distintas unidades, así como su comienzo y final.
  - Establecer rendimientos en cuanto a la producción, para después ser empleados en el estudio económico.
- **Estudio económico:** consiste en un análisis económico particular sobre cada apartado de proyecto. En aquellas partidas en las que intervenga maquinaria, se ha realizado un estudio alternativo en base a precios de maquinaria y rendimientos estimados en la memoria constructiva para posteriormente ser comparado con las ofertas de subcontratistas. En el resto de las partidas, se ha fijado el mejor precio a partir de comparativos de ofertas de estos. Finalmente, en base a todos los costes estimados se ha establecido un coste directo total, para después calcular un resultado y, por lo tanto, estimar si la obra sería rentable económicamente o no. Con todo ello se han obtenido los costes resumidos en la siguiente tabla:

RESULTADO	
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	4.568.283,40 €
COEFICIENTE DE ADJUDICACIÓN	0,796517863
GASTOS GENERALES (13%)	1,13
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)	1,06
<b>PRECIO VENTA</b>	<b>4.358.458,02 €</b>
COSTE DIRECTO	3.912.253,73 €
GASTOS DE GESTIÓN INTERNA	600.000,00 €
TASAS DE ESTRUCTURA (4,2% SOBRE VENTA)	183.055,24 €
TASAS DE INSPECCIÓN (4,36% SOBRE VENTA)	190.028,77 €
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>4.885.337,74 €</b>
<b>RESULTADO = PRECIO VENTA - COSTE TOTAL</b>	<b>-526.879,72 €</b>

- **Propuestas de mejora a la administración:** en esta parte se han propuesto medidas con objeto de mejorar la calidad de la obra a ejecutar o bien, medidas con objeto de la disminución de la venta y el coste directo para llegar a un resultado económico más favorable que en el estudio económico y medir la repercusión económica de las propuestas. Por todo ello, se espera reclamar a la administración un 5% de la venta inicial más los ahorros o disminuciones de venta generados con las propuestas. Todo esto da lugar a:

**Venta definitiva = 4546580,76 €**

**Coste total = 4574908,66 €**

**Resultado = -28327 €**

Luego en base a todas las medidas propuestas y reclamaciones previstas a la administración, se espera que las pérdidas de la obra sean mínimas (28000€) y, por lo tanto, justificar la baja que ejerció el contratista principal de la obra para la licitación.

## ABSTRACT

**Title:** Management of the civil engineering construction project: Expansion, conditioning and reinforcement of the section in the A-121 K.P. 24 + 670 to K.P. 15 + 000. Section Ricla-Fuendejalón.

**Author:** Alberto Garmendia Gutiérrez

**Director:** Luis Manuel Acebes Escudero

**Degree:** Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

**Call:** february 2020

This document consists of a study of the work between P.K. 24 + 670 and P.K. 15 + 000 of the autonomous highway A-121 in the province of Zaragoza. The idea of the study is that a person outside the work and the project would be able to acquire the necessary knowledge about the realization of the different work units taking into account the materials to be used, the machinery and the necessary personnel, the costs derived from all operations in the work, as well as a concrete analysis in those aspects in which the stipulated in the project may be questionable or not recommended.

Therefore, the project will be divided into 3 main parts:

- **Constructive report:** it consists of a guide on the construction procedures for the 9 sections of the project (earthworks, drainage, signatures, signage, service replenishment, environmental restoration, safety and health, traffic diversions and waste management) giving all those details that may be relevant for their construction and referring to those parts of the project necessary. In addition, time estimates have been made for the period of execution of the different activities of the work for two purposes:
  - Prepare a work plan that includes the deadlines for the execution of the different units, as well as their beginning and end.
  - Establish yields in terms of production, and then be employed in the economic study.
- **Economic study:** it consists of a particular economic analysis on each project section. In those items in which machinery is involved, an alternative study has been carried out based on prices of machinery and yields estimated in the construction report to later be compared with subcontractor offers. In the rest of the items, the best price has been set based on comparisons of these offers. Finally, based on all the estimated costs, a total direct cost has been established, to then calculate a result and therefore estimate whether the work would be economically profitable or not. With all of this, the costs summarized in the following table have been obtained:

RESULT	
BUDGET OF MATERIAL EXECUTION	4.568.283,40 €
COEFFICIENT	0,796517863
GENERAL EXPENSES (13%)	1,13
INDUSTRIAL BENEFIT (6%)	1,06
<b>FINAL SALE</b>	<b>4.358.458,02 €</b>
DIRECT COST	3.912.253,73 €
INTERNAL MANAGMENT EXPENSES	600.000,00 €
ESTRUCTURE TAXES (4,2% OVER THE SALE)	183.055,24 €
INSPECTION TAXES (4,36% OVER THE SALE)	190.028,77 €
<b>TOTAL COST</b>	<b>4.885.337,74 €</b>
<b>RESULT = FINAL SALE – TOTAL COST</b>	<b>-526.879,72 €</b>

- Proposals for improving the administration: in this part, measures have been proposed in order to improve the quality of the work to be carried out, or measures with the aim of reducing sales and direct costs to reach a more favorable economic result. than in the economic study and measure the economic impact of the proposals. Therefore, it is expected to claim 5% of the initial sale to the administration plus the savings or sales reductions generated with the proposals. With all of that:

**Final sale = € 4546580.76**

**Total cost = € 4574908.66**

**Result = -28327 €**

Then, based on all the proposed measures and claims envisaged by the administration, it is expected that the losses of the work are minimal (€ 28,000) and, therefore, justify the withdrawal that the main company of the work exerted for the tender.

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>2. MEMORIA CONSTRUCTIVA .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES .....</b>	<b>11</b>
2.1.1 Tala de árboles con extracción de tocón .....	11
2.1.2 Desbroce .....	11
2.1.3 Zona de préstamo .....	12
2.1.4 Excavación y formación de cunetas .....	12
2.1.5 Terraplén y relleno con suelo seleccionado .....	14
<b>2.2 DRENAJE.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1 Drenaje transversal.....</b>	<b>17</b>
2.2.1.1 Caños .....	17
2.2.1.2 Marcos.....	21
2.2.1.3 Rendimientos .....	23
<b>2.2.2 Drenaje longitudinal .....</b>	<b>23</b>
2.2.2.1 Pasos salvacunetas .....	25
2.2.2.2 Rendimientos .....	26
<b>2.3 FIRMES .....</b>	<b>27</b>
2.3.1 Análisis del tráfico.....	27
2.3.2 Dimensionamiento del paquete de firme.....	27
2.3.3 Procedimiento constructivo del suelocemento in situ y del reciclado in situ con cemento .....	30
2.3.3.1 Avance y terminación del suelocemento in situ y del reciclado in situ .....	33
2.3.3.2 Rendimientos .....	33
2.3.4 Mezcla bituminosa en caliente .....	34
2.3.4.1 Procedimiento constructivo de la MBC.....	34
2.3.4.2 Ensayos.....	37
2.3.4.3 Rendimientos .....	38
<b>2.4 SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS .....</b>	<b>39</b>
2.4.1 Retirada de elementos .....	39
2.4.1.1 Demolición de barrera de hormigón.....	39
2.4.2 Señalización vertical.....	39
2.4.3 Señalización horizontal .....	41
2.4.4 Hitos.....	42
2.4.5 Defensas.....	43
2.4.5.1 Barreras metálicas.....	43

2.4.5.2 Sistemas de protección para motoristas.....	44
<b>2.4.6 Acondicionamiento sobre los barrancos de René y Aguaviva .....</b>	<b>44</b>
<b>2.4.7 Pretilos .....</b>	<b>45</b>
<b>2.5 RESTAURACIÓN AMBIENTAL.....</b>	<b>48</b>
2.5.1 Jalonamiento .....	48
2.5.2 Calidad del aire.....	48
2.5.3 Protección de los suelos.....	48
2.5.4 Mantenimiento de la red de drenaje superficial .....	49
2.5.5 Protección del patrimonio cultural .....	49
2.5.6 Plan de Vigilancia Ambiental.....	50
<b>2.6 GESTIÓN DE RESIDUOS .....</b>	<b>51</b>
2.6.1 Lugar de acopio .....	53
2.6.2 Acopio de barrera de hormigón rígida .....	53
<b>2.7 DESVÍOS DE TRÁFICO .....</b>	<b>54</b>
2.7.1 Señalización durante la obra .....	54
2.7.2 Cortes de tráfico durante el ensanche de la plataforma .....	54
2.7.3 Cortes de tráfico durante la ejecución de las obras de drenaje .....	55
2.7.4 Cortes de tráfico durante la ejecución del suelocemento in situ y el reciclado.....	56
2.7.5 Cortes de tráfico durante el extendido de la MBC .....	57
2.7.6 Cortes durante la ejecución de cunetas, bermas y otras actuaciones .....	57
2.7.6.1 Aspectos a tener en cuenta.....	58
2.7.8 Ejemplo de señalización .....	58
2.8 Plan de Obra .....	60
<b>3 ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>	<b>61</b>
3.1 Movimiento de tierras.....	61
3.1.1 Desbroce .....	61
3.1.2 Excavación en desmonte .....	62
3.1.3 Terraplén procedente de excavación .....	62
3.1.4 Suelo seleccionado.....	63
3.2 Drenaje.....	64
3.3 Firmes.....	74
3.3.1 Suelocemento in situ.....	74
3.3.2 Reciclado de firme in situ .....	75
3.4 Señalización, balizamiento y defensas .....	76
3.5 Reposición de servicios .....	78
3.5.1 Árido artificial silíceo .....	79

<b>3.6 Restauración ambiental .....</b>	<b>80</b>
<b>3.7 Tratamiento de residuos .....</b>	<b>81</b>
<b>3.8 Desvíos de tráfico .....</b>	<b>81</b>
<b>3.9 Seguridad y Salud .....</b>	<b>83</b>
<b>3.10 Resumen de capítulos y resultado .....</b>	<b>84</b>
<b>4 PROPUESTAS DE MEJORA.....</b>	<b>86</b>
<b>4.1 Acelerar al máximo posible la capa base de aglomerado .....</b>	<b>86</b>
<b>4.2 Reducción del tiempo de espera en suelocemento y reciclado.....</b>	<b>87</b>
<b>4.3 Reducción del porcentaje de cemento .....</b>	<b>87</b>
<b>4.4 Supresión del tráfico pesado.....</b>	<b>88</b>
<b>4.5 Marcos prefabricados.....</b>	<b>89</b>
<b>4.6 Inclusión de una fresadora para aumentar la producción .....</b>	<b>89</b>
<b>4.7 Resumen de las propuestas .....</b>	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>93</b>



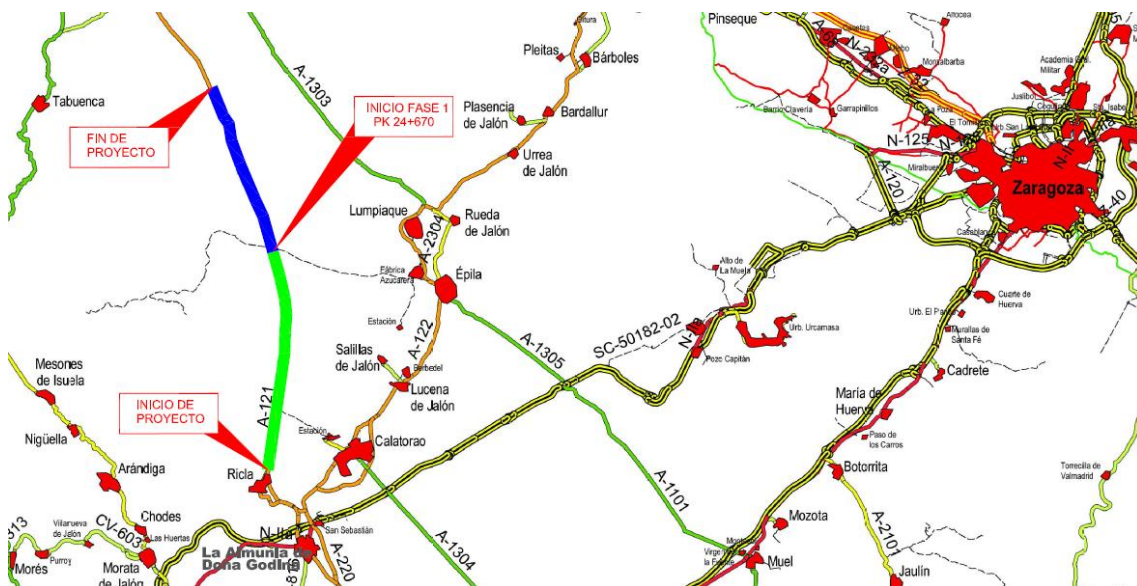
## 1. INTRODUCCIÓN

La carretera A-121, también conocida localmente como la “carretera del desierto” une las localidades zaragozanas de La Almunia de Doña Godina y Magallón. Debido al incremento de su tráfico y, sobre todo, a la presencia de vehículos pesados (casi un 50%), se mandó proyectar en el año 2014 una obra de ensanche y reacondicionamiento del firme existente sin realizar cambios en el trazado.

Aunque el proyecto inicial estaba previsto para la ejecución de obras de ensanche, acondicionamiento y refuerzo del firme entre los P.K. 38+000 y 15+000, en septiembre de 2016 se decidió realizar una addenda de segregación y dividir el proyecto en dos fases:

- Fase 1: P.K. 24+670 a P.K. 15+000.
- Fase 2: P.K. 38+000 a P.K. 24+670.

El objeto de estudio del presente documento se centra en la memoria constructiva, estudio económico y propuestas de mejora para la fase 1. Durante el desarrollo de las obras correspondientes a esta fase estuve como ingeniero en prácticas para la empresa constructora que realizó la obra por lo que mis conocimientos para los métodos constructivos a ejecutar se han visto implementados.



- La sección transversal proyectada estará compuesta por 2 carriles de 3,5 m. de anchura, uno para cada sentido de circulación y, en cada margen, arcén y berma sin pavimentar de 1,5 m. y 0,75 m. de anchura, respectivamente. Sección 7/10(0,75).
- Para la ejecución de la segunda capa bajo rodadura se utilizará la técnica de reciclado “in situ” con cemento del firme existente en un espesor de 35 cm y en la zona de ensanche de la carretera, suelocemento “in situ” en el mismo espesor.
- Para la primera capa bajo rodadura se empleará una mezcla bituminosa en caliente tipo AC bin semidenso, en concreto, se ha elegido la AC 22 bin S en un espesor de 8 cm.
- En capa de rodadura se colocará una mezcla bituminosa en caliente tipo AC 22 surf S de 6 cm de espesor.
- En las zonas donde se dispone de una sección de plataforma funcional de 10 m, se ejecutará la rehabilitación estructural del firme mediante fresado y reposición de 6 cm de mezcla bituminosa AC22 surfS.
- Actuaciones de seguridad vial, consistentes en reponer señalización horizontal y vertical, refuerzo del balizamiento y de los sistemas de contención en todo el tramo, así como adoptar medidas concretas en aquellos tramos que tienen consideración de tramos de concentración de accidente.

## 2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

En la presente memoria se encontrará de forma redactada y con detalles técnicos, la ejecución de las distintas partidas de obra describiendo sus principales unidades, métodos de ejecución y maquinaria.

También se proporcionará información de los rendimientos previstos de las distintas unidades a modo de poder realizar un plan de obra y dar un plazo de ejecución.

### 2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES

#### 2.1.1 Tala de árboles con extracción de tocón

Ya sean de gran tamaño, o de tamaño mediano, los árboles serán talados y troceados con una motosierra eléctrica, mientras que los tocones correspondientes se extraerán, tras la tala, con ayuda de una retroexcavadora sobre neumáticos.

Posteriormente a la retirada del tocón, deberá realizarse un relleno y compactación de las oquedades que genere dicha extracción. Ello se realizará con material sobrante de la excavación el cual se extenderá por medio de una pala mixta.

Cuando el diámetro del árbol sea mayor de 30 cm se podrá exigir a la dirección de obra una compensación por la retirada del elemento.

#### 2.1.2 Desbroce

Las zonas afectadas por excavación y terraplén serán sometidas a un desbroce que se llevara a cabo por medio de un bulldozer sobre orugas con escarificador o una motoniveladora sobre ruedas en algunas zonas. De ese modo, se deberá retirar el manto tierra vegetal de estas áreas hasta eliminar toda la capa de tierra vegetal existente. Según lo contenido en el proyecto esta profundidad mínima será de 30 cm, aunque siempre deberá ser la necesaria para eliminar toda la capa.



*Ilustración 2 Fotografía de una motoniveladora sobre ruedas en labores de desbroce en la A-121.*

Con ayuda de una retroexcavadora sobre ruedas, y un camión de 3 ejes, se acopiará la tierra vegetal necesaria para el revestimiento de taludes, mientras que se trasladará a vertedero el material sobrante. Una vez retirada la tierra vegetal, deberá compactarse la superficie de apoyo mediante varias pasadas con un rodillo vibratorio y sanear los posibles blandones que puedan producirse.

Teniendo en cuenta que debe desbrozarse un total de 28500 m<sup>2</sup> y un rendimiento del bulldozer de 2000 m<sup>2</sup>/d se estima un plazo de ejecución del desbroce de unos 19 días.

### 2.1.3 Zona de préstamo

En el proyecto, en el anejo número 4 de Geología y Geotecnia se habla de 3 posibles zonas de préstamo. Sin embargo, y debido a razones obvias de costes de transporte se utilizará siempre y cuando se consigan con anterioridad los permisos necesarios, el préstamo situado en torno a D.O. 15+950 en la margen del barranco de Aguaviva. Gracias a esto se disminuirán tiempos de transporte y se tendrá la calidad buscada ya que el material se clasifica como suelo seleccionado según el PG-3.

### 2.1.4 Excavación y formación de cunetas

De acuerdo a las mediciones de proyecto y a sus perfiles transversales, será necesario realizar una excavación de unos 27000 metros cúbicos. Para la realización de esta fase será vital tener en cuenta la fase de relleno (tanto de terraplén o pedraplén ya excavado) como de suelo seleccionado. Esto es debido a que habrá que coordinar los equipos de máquinas para que el material ya excavado y que se pueda utilizar como relleno en vez de ser transportado a vertedero, sea transportado directamente al lugar a terraplenar.

Para la excavación se utilizará una retroexcavadora sobre orugas, la cual empezará directamente en la primera zona de desmonte existente para que rápidamente ese material pueda ser transportado a la zona donde se encontrará el equipo de relleno y extendido. El material sobrante o que no pueda ser utilizado como relleno, será transportado a vertedero.

Para el transporte, tanto a vertedero como a lugar de terraplén se utilizará un camión de 3 ejes con caja basculante. No se utilizará en ningún momento un vehículo extravial.

Es importante mencionar el hecho de que se tengan que producir saneos como consecuencia de la mala calidad del terreno existente. De esta manera, se harán “cajeos” con la retroexcavadora de manera que se localice el volumen a sanear. Posteriormente se rellenará con material procedente de excavación de desmontes. Será el encargado aquel que localice los blandones que puedan existir y aquellas zonas que va a haber que sanear. Posteriormente el topógrafo hará las correspondientes mediciones para dimensionar el saneo y poderse cobrar después.





*Ilustración 3 Fotografía de una retroexcavadora sobre orugas realizando las labores de excavación mientras vierte sobre un camión de 3 ejes en la A-121.*

La formación de las cunetas será realizada con una retroexcavadora sobre ruedas. A diferencia de los anteriores tajos, estas no tienen por qué ser realizadas junto con esta fase y, al no afectar a la duración total de la obra, podrán ser realizadas posteriormente si se considera oportuno.

Dada la orografía del terreno, no se realizarán desmontes de gran envergadura (máxima altura de desmonte 3,6 metros) por lo que se ha decidido en proyecto que los taludes sean 1H:1V. Hay que considerar que el fondo de excavación, según el anejo 4 de Geología y Geotecnia no constituye ningún tipo de categoría de explanada (suelo tipo 0).



*Ilustración 4 Fotografía de un tramo de la A-121 a ensanchar, en el cual ya se han realizado las labores de desbroce y excavación.*

#### 2.1.5 Terraplén y relleno con suelo seleccionado

Una vez comenzadas las labores de excavación, se colocará un equipo de terraplenado en las zonas donde así se estima en el proyecto. El equipo estará compuesto por un camión de 3 ejes que verterá el material abatiendo la caja basculante, una motoniveladora y un rodillo compactador además de la ayuda de un camión cisterna de agua.

Posteriormente al vertido del camión, irá la motoniveladora realizando el perfilado correspondiente y un rodillo compactador vibrante autopropulsado. Será de vital importancia la presencia del camión cisterna lleno de agua el cual se encargará de la humectación. Esta además de necesaria desde el punto de vista estructural del firme, será necesaria para evitar el levantamiento de polvo excesivo que pueda producirse durante la ejecución de los tajos (se recuerda que habrá circulación de tráfico durante el transcurso de las obras).





*Ilustración 5 Fotografía de una motoniveladora trabajando en el ensanche de la plataforma en la A-121*



*Ilustración 6 Fotografía de un rodillo compactador trabajando en el ensanche de la plataforma en la A-121*

Cabe destacar que la mayor parte del movimiento de tierras va enfocado a la formación del ensanche de la plataforma existente. Se pretenderá formar un tipo de explanada E2 con materiales procedentes del préstamo aplicando 50 cm de suelo seleccionado S4. La categoría de la explanada debajo de la carretera existente es E1. Como recomendación técnica se exige que el nivel freático tenga una distancia mayor a los 100 cm de la explanada. Dados los sondeos realizados para el proyecto esto se cumple a lo largo de todo el eje. Sin embargo, será importante hacer una comprobación posterior una vez finalizado el movimiento de tierras. La justificación de la categoría de la explanada elegida y el paquete de firmes se describe en el capítulo de firmes del presente documento.

Una vez que se ha ejecutado esta fase, se necesita que se cumpla con las especificaciones técnicas del PG-3, en este caso el ensayo de carga con placa circular rígida que al considerarse una categoría de explanada E2 tendrá que tener un módulo de compresibilidad en el primer escalón de carga superior a 140 Mpa, por otro lado este ensayo también tiene que cumplir otra característica en cuanto al módulo de compresibilidad de su segundo escalón de carga, nos encontramos con una categoría de tráfico T2b (explicada en el capítulo de firmes), por lo que necesitaremos un Ev2 superior a 150. Por último, la condición más difícil de cumplir se trata de que la relación entre ambos módulos de compresibilidad ya mencionados sea inferior a 2,2, una vez ya ejecutada la tarea y cumplidas las especificaciones se pasará a la siguiente capa de firme.

Teniendo en cuenta que debe realizarse un relleno de unos 49000 m<sup>3</sup> y considerando un rendimiento de 500 m<sup>3</sup>/d para el conjunto de trabajos bascular, extender y compactar, se prevé un plazo de ejecución del terraplén y relleno de suelo seleccionado de 98 días el cual se hará simultáneamente con los trabajos de excavación.



## 2.2 DRENAJE

Cabe destacar que en la obra habrá actuaciones tanto de drenaje transversal (principalmente prolongación de caños y marcos existentes), como longitudinal (formación de cunetas). Estos han sido dimensionados y calculados previamente como se detalla en el anejo número 6 del proyecto (climatología, hidrología y drenaje) en función de los datos de la zona.

### 2.2.1 Drenaje transversal

En el proyecto se contempla la prolongación de caños y marcos existentes, así como mejora de sus secciones con objeto de prevenir futuras acumulaciones de agua. En los P.K. 15+836 (correspondiente a un sifón existente) y P.K. 18+752 (correspondiente a un marco existente) no se prevén acciones debido a que el sifón se encuentra lo suficientemente separado de la plataforma como para que la prolongación de esta no le afecte y el marco es lo suficientemente largo como para que la prolongación de la calzada en ese punto (que es hacia la margen derecha) no le afecte.

La principal razón de prolongación de estas obras es que se va a producir un ensanche de la plataforma, por lo cual también habrá que adecuar las obras de drenaje transversal a esta nueva sección.

#### 2.2.1.1 Caños

En primer lugar, citar que los caños a prolongar no serán todos de la misma sección y se adecuarán a los caños existentes. Tendremos distintas secciones de 80, 100 y 120 cm de diámetro según corresponda.

El procedimiento constructivo consistirá en una pala mixta la cual realizará un primer acondicionado de la sección de la carretera existente desde el lateral donde se va a ensanchar, para que los caños que había queden al descubierto. A veces, será precisa la ayuda de una retroexcavadora equipada con martillo para picar restos de los caños de hormigón existentes. Así también se contribuirá a mejorar la unión entre los caños nuevos y los que había.



*Ilustración 7 Fotografía de una retroexcavadora equipada con martillo picando el hormigón para facilitar la unión de los nuevos caños con los ya existentes.*

Los caños a colocar serán piezas prefabricadas de hormigón de 2,35 metros de longitud. En muchos casos, se deberán de colocar varias piezas para llegar a la longitud de prolongación establecido en proyecto (suele ser unos 4 metros dependiendo del caño). Se deberá controlar que la longitud picada (20 o 30 cm) más la longitud de caño suministrada sea la prolongación total. En algunos casos la sección transversal estará formada por más de un caño como se muestra en las imágenes:



*Ilustración 8 Fotografía de una sección transversal compuesta por 3 caños ya acondicionada para unirla con los nuevos caños.*

Citar que estos tubos de hormigón prefabricado deberán ser fabricados con un cemento tipo I 42,5 N/SR y que tendrán que ser perfectamente lisos y circulares, habiendo pasado los correspondientes ensayos según se describe en la norma DIN 4032 para características, dimensiones, impermeabilidad y carga de rotura.

Una cuadrilla compuesta por un oficial y varios peones, una vez acondicionada por la pala mixta la superficie de prolongación de los caños comenzará a preparar los encofrados para los caños. En el primer encofrado, se preparará la superficie de apoyo con un relleno de hormigón de limpieza que deberá alcanzar una resistencia mínima de 15 Mpa.





*Ilustración 9 Fotografía de una zona ya acondicionada por la pala mixta y en la cual se está preparando el encofrado para la superficie con el hormigón de limpieza donde irán los caños.*



*Ilustración 10 Fotografía de la superficie hormigonada sobre la que se apoyara la tubería de un caño en la A-121.*

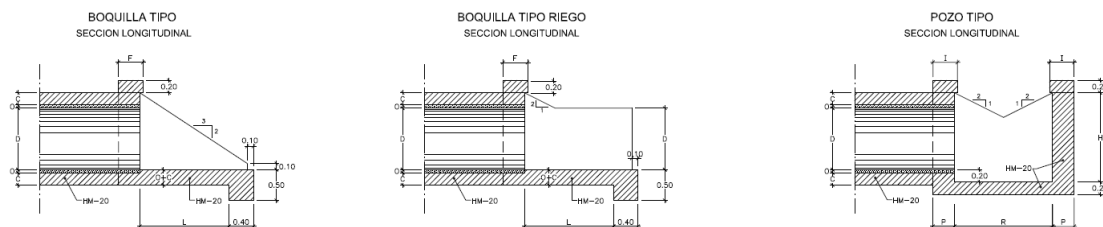


Tras el posterior fraguado, con ayuda de un camión pluma se colocarán los caños correspondientes sobre la superficie de hormigón y se colocará una junta elástica tipo C-135 entre estos.



*Ilustración 11 Fotografía de un caño colocado sobre la solera de hormigón en la A-121.*

A continuación, se colocarán las boquillas las cuales serán prefabricadas al final de los tubos. No todas las boquillas de los caños serán iguales, algunos terminarán con boquillas formando aletas y otros tendrán una boquilla tipo riego. También habrá caños que acaben en un pozo el cual habrá sido excavado y encofrado previamente. Por último, se preparará la fase de encofrado final, que dará un revestimiento de hormigón a todo el tubo y lo protegerá. De nuevo se utilizará un HM-20 y se dejará fraguar. Ahora ya estará todo listo para realizar el posterior relleno con suelo seleccionado (esperando un mínimo de 3 días) y comenzar el movimiento de tierras.



*Ilustración 12 Disposición y medidas para los distintos tipos de boquillas.*



*Ilustración 13 Fotografía de un caño triple una vez fraguado el hormigón y en el que se están retirando encofrados en la A-121.*

#### 2.2.1.2 Marcos

De acuerdo a lo contenido en el proyecto se deberán prolongar las obras correspondientes a 4 marcos en los P.K.:

- 13+027
- 14+412
- 17+695
- 20+547

En primer lugar y, al igual que anteriormente, habrá que preparar la superficie de apoyo de la prolongación, usando una pala mixta. De nuevo usar una retroexcavadora con martillo para picar el hormigón y demoler las aletas de los antiguos marcos (se harán unas nuevas). De esta manera se debería tener una superficie lisa para empezar a preparar la solera donde irán los nuevos marcos.

Una vez se tiene la superficie despejada y se han llevado a vertedero los distintos residuos, se comenzará a preparar la ferralla para los marcos (irán armados). En una primera fase se hormigonará la superficie con un hormigón de limpieza y se dejará fraguar. Posteriormente se colocará la armadura y se encofrará para después hormigonar con un HA-25. Habrá que dejar las armaduras en espera para después ejecutar los alzados.

De nuevo, una vez fraguado el hormigón, en una segunda fase se colocará la armadura para los alzados (dejando de nuevo esperas para la losa superior) y se prepararán los encofrados para estos. Ahora el hormigón vertido será un HA-35.



En una tercera fase, se colocarán primero puntales para poder preparar los encofrados de la losa y posteriormente colocar la armadura y hormigonar esta.

Destacar que el acero a emplear en las armaduras será B-500-S y que los encofrados serán en todo momento de paramentos ocultos (el cajón irá enterrado). Sin embargo, para las aletas de los cajones se empleará encofrado de paramentos vistos (estas quedarán exteriores).

Una vez finalizado el cajón se ejecutarán las respectivas aletas del marco. Estas también irán armadas y se ejecutarán en 2 fases:

- Cimentación: como en el cajón, primero se prepara la solera, se echa un hormigón de limpieza, y una vez fraguado, colocamos armadura con esperas, después encoframos y por último hormigonamos con HA-25.
- Alzados: preparamos el armado, colocamos encofrado de paramentos vistos (madera machihembrada) y hormigonamos con HA-35.



*Ilustración 14 Fotografía de la última fase del encofrado de un marco en la A-121.*

En las zonas entre los marcos y los taludes, se hará un relleno con material sobrante de la excavación.



*Ilustración 15 Fotografía de un marco ya terminado tras el relleno de tierras en la A-121.*

### 2.2.1.3 Rendimientos

Dado que hay que ejecutar un total de 21 caños y 4 marcos y que el tiempo aproximado de ejecución será de 5 días para los caños y 10 días para los marcos, el tiempo total de ejecución de las obras de drenaje transversal será de unos 3 meses (teniendo en cuenta que se tienen 2 cuadrillas completas pudiendo hacer 2 obras de drenaje transversal de manera simultánea). Esta actuación si afectará a la duración total de la obra puesto que la fase de ejecución de la explanación no podrá empezar hasta que se hayan finalizado estas obras.

$$(21 \text{ Caños} \times 5 \frac{\text{días}}{\text{caño}} + 4 \text{ Marcos} \times 10 \frac{\text{días}}{\text{marco}}) / 2 \text{ cuadrillas} = 73 \text{ días laborables} \approx 3 \text{ meses.}$$

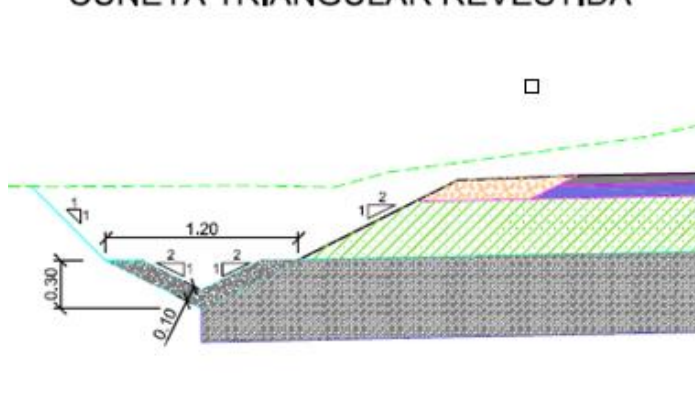
### 2.2.2 Drenaje longitudinal

El drenaje longitudinal se ha proyectado mediante una red de cunetas que recogen la escorrentía superficial procedente de la plataforma de la carretera y de los márgenes que vierten hacia ella. En todo punto de la red de drenaje superficial deberá cumplirse que tanto el calado como la velocidad de la corriente respeten las limitaciones funcionales.

El drenaje longitudinal se realizará mediante cunetas triangulares. No está estimado en proyecto que todos los metros lineales de cuneta sean revestidos de hormigón. Algunas de las mismas se han proyectado en tierras en aquellos casos donde la pendiente se sitúe entre 1% y 4% o cuando las velocidades calculadas se encuentren en los intervalos que establece la Instrucción 5.2. I.C.:

- Donde la pendiente de la cuneta sea menor de 1% y la velocidad no sea inferior a los 0,5 m/s (con una velocidad mayor se considera que no hay sedimentación) se coloca sin revestir.
- Donde la pendiente de la cuneta sea mayor de 4% y la velocidad no supere los 1,5 m/s (velocidad máxima permitida en cuneta en tierras) se colocará cuneta sin revestir.

### CUNETA TRIANGULAR REVESTIDA



*Esquema de la forma y las dimensiones de una cuneta*

La cuneta triangular de hormigón se colocará en la plataforma en tramos en desmonte. El talud de la cuneta es 2H:1V con un calado máximo de 0,19 m.

La excavación será realizada con una retroexcavadora sobre ruedas la cual se colocará fuera de la calzada siempre y cuando sea posible. Si no, habrá que hacer un pequeño corte de tráfico con un par de operarios comunicados por walkietalkies. Posteriormente hará un reperfilado para dar un acabado a la cuneta. La excavadora irá acopiando el material a medida que avanza y cada cierto tiempo (tramos de 50 metros) irá al acopio y cargará un camión de 3 ejes que llevará este material a vertedero.

El procedimiento para el revestimiento consistirá en una cunetadora sobre ruedas que irá avanzando paralelamente a la cuneta a medida que se vierte el hormigón. La máquina consistirá en un molde con forma triangular el cual da forma al hormigón que va siendo vertido y estará compuesta por unos pequeños vibradores que vibrarán a medida que avance para ayudar al fraguado del hormigón. El hormigón vertido será un HM-20. El equipo estará compuesto por 3 operarios: el primero se encarga de conducir la máquina e ir avanzando, el segundo de controlar el vertido de hormigón sobre el molde, y el tercero de controlar el acabado que el molde va dando sobre la cuneta. Este tercer operario también tendrá que ejecutar las juntas transversales de construcción cada 2 metros mediante una pequeña incisión en el hormigón fresco.





*Ilustración 16 Fotografía de una cunetadora empujada mediante tractor en la A-121.*

#### 2.2.2.1 Pasos salvacunetas

En la realización de las cunetas también se tendrán que ejecutar pasos salvacunetas en las entradas a los caminos de acceso a fincas. El proceso constructivo consistirá en un acondicionamiento con la pala mixta previo a los encofrados y posterior relleno con un HA-25.



*Ilustración 17 Fotografía del hormigonado de un paso salvacunetas en la A-121.*

#### *2.2.2.2 Rendimientos*

El rendimiento aproximado es de 150 metros lineales al día para la excavación de las cunetas y de 250 metros lineales diarios para el revestimiento. Dado que están proyectados 2180 metros de excavación y 3190 metros de revestimiento, la duración será de 9 días para la excavación y de 13 días para el revestimiento. Ninguna de estas tareas afectará a la duración total de la obra, ya que se pueden ejecutar en cualquier fase de firmes (durante el reciclado, por ejemplo).

## 2.3 FIRMES

### 2.3.1 Análisis del tráfico

En primer lugar, citar que, según lo contenido en el anejo 5 de Firmes se hizo un estudio de tráfico mediante distintos tipos de estaciones de aforo para establecer la Intensidad Media de Vehículos de la carretera existente.

Datos de interés:

- Más de un 50% de vehículos pesados. Dato clave a tener en cuenta tanto para este capítulo, como para el de desvíos de tráfico.
- Una IMD de unos 2000 vehículos/día.

Con los valores de IMD = 2000veh/día obtenemos que el tramo de la carretera A-121 presenta un nivel de servicio clasificado con B por el Plan General de Carreteras de Aragón. Con estos datos se hace una previsión futura de tráfico teniendo en cuenta un crecimiento del 1% anual y se calcula una IMDp para el carril de proyecto. De esta manera se obtiene una IMDp de 525 vehp/día de acuerdo a la siguiente tabla el paquete de firme que corresponde sería un T2b:

CATEGORÍAS DEL TRÁFICO PESADO		
CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	IMDp
T1	T1	800 - 2000
T2	T2a	600 - 799
	T2b	400 - 599
	T2c	200 - 399
T3	T3a	150 - 199
	T3b	100 - 149
	T3c	50 - 99
T4	T4a	25 - 49
	T4b	< 25

*Ilustración 18 Categoría de tráfico pesado en función de su IMDp.*

Por último, se efectuó un análisis de capacidad teniendo en cuenta que el tráfico de pesados de aproximadamente el 50% (48 siendo exactos), terreno ondulado, sección de plataforma 7/10 y calculando la intensidad horaria. Tras el análisis se concluyó que la carretera tiene capacidad suficiente para el año horizonte en el que fue calculada (2039) ya que está previsto que se mantenga un nivel de servicio D. Citar a modo de comentario informativo que este periodo de 20 años horizonte es el mínimo permitido para carreteras convencionales de velocidades de proyecto comprendidas entre los 80 y 100 Km/h (el caso de esta carretera).

### 2.3.2 Dimensionamiento del paquete de firme

De acuerdo a la categoría de tráfico calculada (T2b) y a la clasificación del suelo debajo de la carretera existente, que es clasificado como suelo tolerable, además del material procedente de préstamo que tendrá que ser suelo seleccionado S4 se estableció en proyecto que la categoría de la explanada a ejecutar será EX2. Está será de distinta categoría a la que hay debajo de la carretera actual que es EX1.

Partiendo de los datos de tráfico y con la explanada definida (EX1 y EX2) se proyectaron las secciones de firmes seleccionadas entre las que figuran en la tabla del Catálogo de Secciones para Rehabilitación del Firme por reciclado in situ con cemento. Para la actuación del ensanche

de la plataforma existente se utilizó la tabla Catálogo de Secciones para Firmes de Nueva Construcción. Ambas tablas se definen en las “Recomendaciones Técnicas para el dimensionamiento de firmes de la Red Autonómica Aragonesa”:


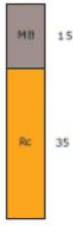
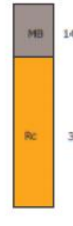

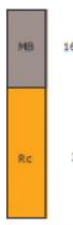
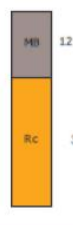
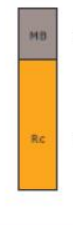
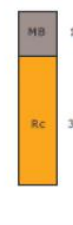
RED AUTONÓMICA ARAGONESA		SUBCATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
		T1	T2a	T2b	T2c
CATEGORÍA DE LA EXPLANADA MEJORADA	BAJA CALIDAD (EX1)				
	CALIDAD MEDIA ALTA (EX2)				

Ilustración 19 Catálogo de secciones para rehabilitación de firme por reciclado in situ con cemento

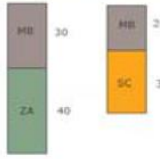
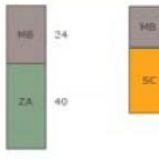
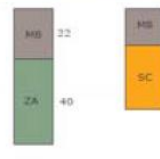

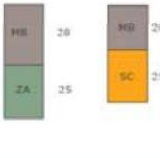
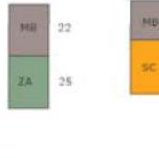
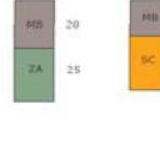
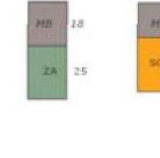


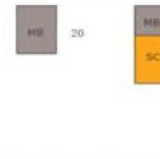

RED AUTONÓMICA ARAGONESA		SUBCATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
		T1	T2a	T2b	T2c
CATEGORÍA DE LA EXPLANADA MEJORADA	EX1 (BAJA)				
	EX2 (MEDIA)				
	EX3 (ALTA)				

Ilustración 20 Catálogo de secciones para firmes de nueva construcción

Analizando la primera tabla, la sección elegida para rehabilitación de firme existente por reciclado “in situ” con cemento teniendo en cuenta una explanada de categoría 1 y una categoría de tráfico pesado T2b consistirá en una capa de 35 cm con una dosificación mínima del 3% de cemento.



Analizando la segunda tabla, la sección elegida para el ensanche de la plataforma teniendo en cuenta una categoría de la explanada 2 y una categoría de tráfico pesado T2b consistirá en 25 cm de suelocemento en central (previa explanada de 50cm de suelo seleccionado S4). Sin embargo, en lugar de 25 cm de suelocemento en central se ejecutarán 35 cm de suelocemento “in situ”; 5 cm se añadieron a los 25 cm de diseño inicial, por el hecho de ejecutarse “in situ” en lugar de en central; los 5 cm restantes serían un “exceso de capa de suelocemento” que puede compensarse con la disminución equivalente en la capa de MBC (mezcla bituminosa en caliente). De esta manera, en vez de 17 cm de acuerdo a la norma que se deberían de ejecutar de MBC, sólo se ejecutarán 14 (8 cm de capa base y 6 cm de capa de rodadura) con una mezcla de tipo AC22.

Por lo que ya tenemos las dimensiones de todo el paquete de firme:

Calzada existente:

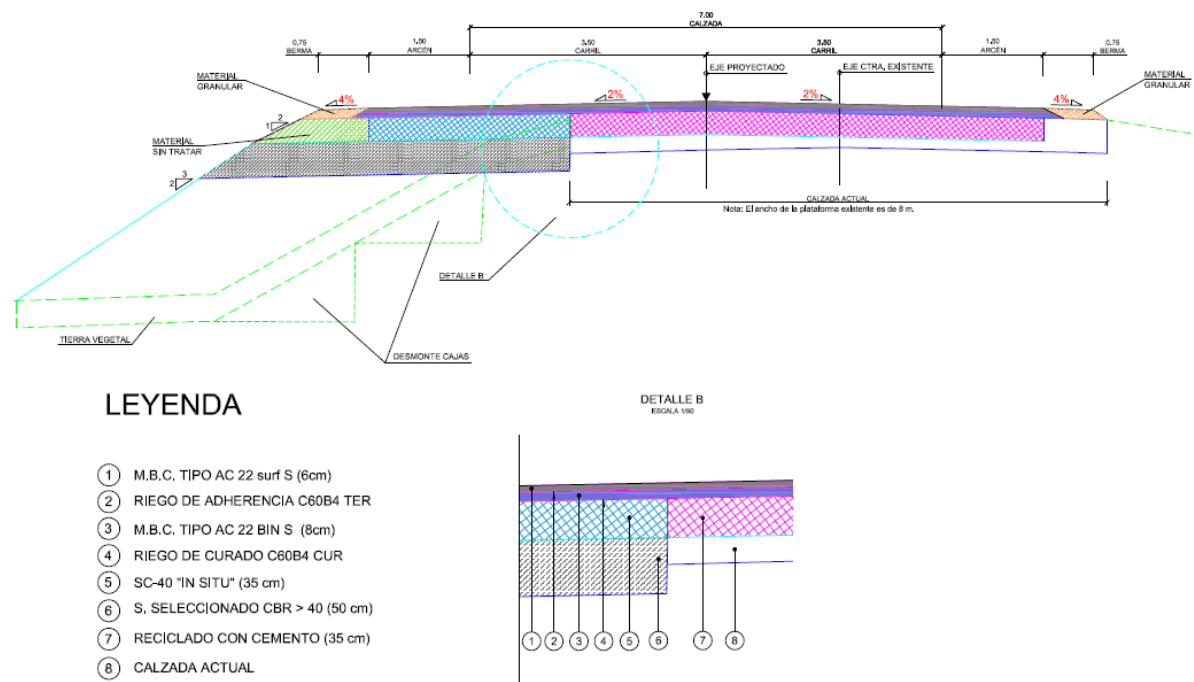
- 35 cm de reciclado in situ con cemento.

Ensanche:

- 50 cm de suelo seleccionado S4 y 35 cm de suelocemento in situ.

Sobre toda la plataforma:

- 8 cm de capa de base + 6 cm de capa de rodadura de MBC.



*Ilustración 21 Esquema de las distintas capas de firme a ejecutar*

En los siguientes apartados se describe el procedimiento constructivo para la realización de todos estos trabajos, así como las especificaciones técnicas para su realización.

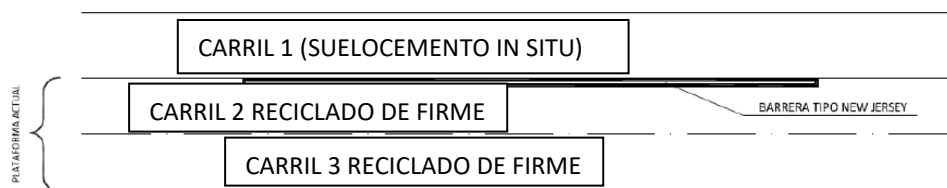
### 2.3.3 Procedimiento constructivo del suelocemento in situ y del reciclado in situ con cemento

Partimos de la base de que el movimiento de tierras ya se ha finalizado o está próximo a finalizarse. Por lo que está constituida ya la ampliación de la plataforma con el relleno de 50 cm de suelo seleccionado S4.

Este capítulo va íntimamente relacionado con el capítulo de desvíos de tráfico y ambos son los más importantes de toda la obra.

En primer lugar y de acuerdo a lo establecido en el proyecto, se empezará en sentido Fuendejalón y habrá que tener todo el corte de tráfico ya preparado (barreras, señales, semáforos y balizamiento) antes del comienzo de estas tareas. Se establecerán cortes en tramos de 2 Km como mínimo. Por todo esto, el día del comienzo del suelocemento y reciclado habrá un mínimo de 2 km cortados y tráfico alternativo en el margen derecho de la calzada controlado por semáforos. Todos los aspectos técnicos están descritos detalladamente en el capítulo de desvíos de tráfico([ref](#)).

Vamos a dividir la calzada en 3 carriles ficticios. El primero será la sección de la explanada S4, el segundo será media sección de carretera existente y el tercero la otra media sección de carretera existente.



Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, se comenzará por los dos carriles de la izquierda (1 suelocemento in situ y 2 reciclado in situ) y se dejará el derecho para hacer a la vuelta (3 reciclado in situ). De esta manera habrá tráfico alternativo por el carril derecho durante toda la ida a Fuendejalón y tráfico en 2 sentidos durante la vuelta a Ricla.

La máquina recicladora será el elemento clave de toda esta labor. Si la máquina se avería o para por cualquier motivo, el resto de las tareas se verán condicionadas por esta. La máquina recicladora estará compuesta por un equipo de fresado mecánico formado por picas en su parte inferior e ira conectado a una cámara donde el material fresado se juntará con cemento y con agua para posteriormente ser extendido en su parte posterior.



*Ilustración 22 Fotografía de una máquina recicladora.*

El cemento y el agua serán los ejes fundamentales de todo. Dado que no habrá planta de cemento, el cemento tendrá que ser suministrado en cubas diariamente (varias cubas al día) y el agua igual. Habrá que prever cuantas cubas de cemento y de agua se necesitarán ese día en función de la producción prevista para ese día. Por ello, siempre con antelación se pedirán cubas de cemento a ciertas horas, con un determinado intervalo (por ejemplo, a las 8:00, a las 10:00 a las 12:00 y a las 16:00). La capacidad de la máquina vendrá a ser de unas 29 toneladas de cemento, por lo que de cara a los rendimientos tendremos en cuenta un rendimiento de 29 toneladas de cemento consumidas cada 2 horas en máxima producción. El agua, en cambio será extraída de una fuente cercana, en este caso, del río Jalón, el cual pasa por la localidad de Épila (a pocos Km) y se deberá pedir permiso a la confederación hidrográfica del Ebro antes de ser extraída. Esta agua irá en un camión cisterna conectado en todo momento a la recicladora. Por lo tanto, se necesitará otro camión cisterna que vaya haciendo viajes para ir rellenando la cuba de agua y para la humectación del reciclado y del suelocemento.

En primer lugar, se ejecutará un tramo de prueba (entre 100 y 200m) para ver los primeros resultados y comprobar si la dosificación de cemento inicial (3%) es la adecuada. Si a lo largo del avance se comprueba que la dosificación de cemento es excesiva se podrá comentar con la dirección de obra el reducir esta, o ampliarla si fuera insuficiente.

La máquina comenzará a fresar por el carril central. Dado que son 35 cm, es posible que de una pasada no sea capaz de realizar el fresado, mezcla y extendido y tenga que hacer un fresado previo, para después hacer otra pasada fresando el espesor que falte y extendiendo toda la mezcla. Poniéndonos en el primer caso, la máquina fresará, mezclará y extenderá a la vez que va avanzando lentamente. Habrá siempre una persona conduciendo la máquina (para que avance) y otra persona controlando en todo momento los parámetros de la máquina a medida que avanza. Estos parámetros serán la dosificación de cemento, el estado de las picas que van fresando, combustible... etc.

Seguidamente irá una motoniveladora que enrasará todo a la cota establecida para ese punto de proyecto y un rodillo vibratorio compactador que ira compactando toda la mezcla. Aquí será

muy importante la labor de topografía. El topógrafo o topógrafos tendrán que tener previamente controlados los puntos y cotas cada 10 metros a los que debe de quedarse la capa de 35 cm y estar en contacto con la motoniveladora para controlar si se van quedando bajos y aportar un poco de material o altos y “rascar” un poco. Para esta labor también estarán las estacas de control o pequeñas estacas de madera con una cota pintada las cuales guiarán a la motoniveladora. Si la motoniveladora es 3D esta tendrá un replanteo topográfico de la obra metido en su GPS y sabrá en todo momento las cotas a las que tendrá que enrasar, aunque siempre irá comprobado después por los topógrafos. Estas cotas no solo serán longitudinales, sino también transversales para controlar el bombeo en alineaciones rectas y el peralte en las curvas.

Seguidamente a la motoniveladora irá una pequeña máquina que realizará las juntas transversales cada 4 metros. De nuevo, el rodillo compactador volverá para dar uniformidad a todo. Importantísima también será la humectación de toda la superficie estabilizada, no solo para contribuir a su curado, si no para evitar el levantamiento de polvo y para alcanzar la densidad óptima.

La máquina recicladora parará de avanzar cuando se le acabe el cemento. En este momento retrocederá al inicio y será cargada de nuevo con una cuba de cemento. Ahora en vez de hacer el 2 carril (reciclado) hará el primero (suelocemento in situ). De nuevo irá avanzando mientras mezcla y extiende la capa de 35 cm de suelo cemento in situ. Detrás irá el mismo equipo en este orden: motoniveladora, rodillo compactador, máquina de juntas transversales... etc. y se realizarán las mismas comprobaciones. De esta manera se echará una cuba para un carril y otra para el otro. Si las cubas previstas para ese día son 4 no habrá problema y se ejecutarán 2 tramos en cada carril. Si fuesen impares (3 por ejemplo) la última cuba se dividirá a la mitad para ejecutar la misma cantidad de metros tanto de suelo cemento como de reciclado.

De nuevo, la importancia del tramo de prueba: se tomará información de los metros los cuales es capaz de avanzar la máquina con una cuba de cemento para poder saber cuántas cubas se pueden echar al día y con qué intervalos; se realizarán ensayos de densidades de compactación y Proctor modificado, además de extraer probetas para ensayarlas a rotura y medir su resistencia a compresión simple.

Con toda esta información inicial, se hará una previsión de la dosificación de cemento necesaria, de las cubas de cemento y sus horas para estar en obra, de los tiempos del camión cisterna de agua para aportar a la recicladora y de los cortes de tráfico a hacer a medida que se avanza. La coordinación y planificación será esencial.

Dado que la anchura de trabajo de los equipos obliga a la ejecución por bandas, se deben cuidar especialmente los solapes, que serán de unos 20 cm, para que no queden franjas de suelo sin tratar, pero evitando sobredosificaciones y controlando que su contenido de humedad no sea diferente del resto.

Tras una primera compactación inicial hasta alcanzar una densidad del orden del 90 - 92 % de la máxima Proctor Modificado, se procede a la nivelación de la capa antes de comenzar el prefisurado de la banda tratada. Durante la compactación se debe efectuar un control continuo de la densidad alcanzada y de la humedad mediante el uso de equipos rápidos como la sonda nuclear. La idea es alcanzar finalmente la densidad correspondiente al 98% del próctor modificado.



Estas comprobaciones de densidad se deben hacer como mínimo cada 100 metros y también se deberán extraer probetas tanto de suelocemento in situ como de reciclado in situ. Se ensayarán en laboratorio para medir su resistencia a compresión simple a 7 días. Según el PG-3 valores superiores a 2.5 Mpa serán suficientes. Si la resistencia de las probetas está dando muy baja, se deberá consultar con la dirección de obra las soluciones pertinentes, aunque es muy probable que haya que aumentar la dosificación de cemento. Si es al revés, de nuevo consultar con dirección de obra y bajar la dosificación con su permiso.

Otro factor clave será el curado de la capa de suelocemento y de reciclado. Este tiempo será de un mínimo de 7 días, por lo que el corte de tráfico tendrá que permanecer durante al menos este tiempo en dicho tramo (también se mencionara en el apartado de desvíos).

#### *2.3.3.1 Avance y terminación del suelocemento in situ y del reciclado in situ*

Una vez estén previstos los rendimientos, cortes y maquinaria se comenzará con el avance de los carriles 1 y 2. La idea es avanzar al día la misma cantidad de metros en ambos carriles. Así el tiempo de curado de 7 días será el mismo para ambos, y se podrá abrir al tráfico al mismo tiempo. Una vez se haya finalizado el avance en ese día, se ejecutará un riego de imprimación el cual penetrará sobre la capa granular preparando la superficie de apoyo para facilitar el agarre del tratamiento superficial. Posteriormente se efectuará un extendido mediante camión basculante de gravilla (completando así un tratamiento simple). La misión de este tratamiento es proteger la capa de firme del tráfico (recordamos que a los 7 días comenzará a circular tráfico por ese tramo). Esta será la única protección que tenga el firme hasta que se extienda la MBC. Se consultará con dirección de obra el empleo de doble tratamiento (añadir una emulsión y gravilla) en zonas potencialmente peligrosas de ser deterioradas por el tráfico pesado (curvas, zonas de gran pendiente o de frenado).

El tipo de emulsión a emplear como riego de imprimación será una emulsión bituminosa del tipo C60BF4 con una dosificación de 0,6 Kg/m<sup>2</sup>. La superficie de apoyo tiene que estar limpia antes de realizar el riego por lo que será necesario barrer si fuese necesario. Además, debe de ser resistente al punzonamiento para evitar que se claven las gravillas, pero no conviene que sea excesivamente rígida. La emulsión tiene que ser tanto más viscosa como mayor sea el tamaño de las gravillas a emplearse. Dado que en el proyecto no queda definido el tamaño de árido a emplear para la gravilla, se recomienda emplear un árido 6/8 y en el caso de realizar un doble tratamiento, emplear un árido un poco más grueso en la primera capa. La dotación de árido si queda definida en el PPTP: Árido 13 l/m<sup>2</sup> (7 l/m<sup>2</sup> y 6 l/m<sup>2</sup>).

Una vez se finalicen los carriles 1 y 2, se comenzará en sentido Ricla a hacer el 3 carril (reciclado con cemento) y se dará tráfico por los anteriores. Cuando se acabe este, se habrá acabado la capa de firme de 35 cm de suelocemento y 35 cm de reciclado in situ y existirá una capa de árido de cobertura que cubrirá todo el firme ante el paso de tráfico.

#### *2.3.3.2 Rendimientos*

Como se comentó antes, este aspecto es clave a la hora de hacer las previsiones de cubas y cortes de tráfico. Una cuba de cemento da para aproximadamente 230 metros lineales en uno de los 2 sentidos de circulación. Un día de máxima producción se pueden llegar a verter 4 cubas. Sin embargo, por problemas derivados de la máquina, lluvias y parones se estimará un rendimiento de 3 cubas al día, lo que hace un total de 700 metros diarios. Puesto que en el

avance hacia Fuendejalón se hace suelocemento y reciclado, el rendimiento será de la mitad, es decir 350 metros diarios. 10000 metros de ida /350 metros al día hace un total de unos 29 días y 10000 metros de vuelta /700 metros al día hace un total de 15 días.

Toda esta cuenta hace un total de 44 días laborables o unos 2 meses contando festivos. La siguiente labor de extendido de MBC dependerá completamente de la finalización del estabilizado por lo que la gestión de los tiempos de esta fase será muy importante.

### 2.3.4 Mezcla bituminosa en caliente

Esta tarea comenzará tras la finalización del estabilizado. No obstante, si por deterioro de la capa de firme por el tráfico de vehículos se estima que se debería de comenzar a extender la MBC con previo permiso de dirección de obra así se hará.

Antes de comenzar al extendido habrá que tener en cuenta una serie de condiciones:

- En la calzada existirá un tratamiento superficial con gravilla el cual habrá que previamente barrer mediante una máquina barredora antes del extendido.
- De nuevo la importancia de los cortes de tráfico durante el extendido: se corta un tramo, se extiende la capa durante medio día y se retranquean los conos para durante el resto del día extender la otra parte. El resto del día se abre al tráfico (comentado con detalle en el apartado de desvíos).
- No habrá planta de aglomerado en la obra. Es decir, los camiones vendrán cargados desde donde se localice la planta de la empresa subcontratada. Esto es debido a que sería mayor el coste de la instalación y uso de la planta de aglomerado en obra, que del transporte de aglomerado. Suele ser normal en situaciones en las que la cantidad de toneladas de aglomerado a extender no sea muy elevada.

#### 2.3.4.1 Procedimiento constructivo de la MBC

En primer lugar, se extenderá una emulsión asfáltica termoadherente antes del comienzo del extendido durante ese día. Esta emulsión es de rotura rápida, por lo que basta con que se extienda una hora antes de comenzar a extender. El tramo previsto a extender se encontrará ya delimitado y cortado al tráfico y el equipo de aglomerado (compuesto por extendedora, barredora, rodillo liso, rodillo de neumáticos y personal) estará ya preparado. Además, el topógrafo o topógrafos habrán marcado a ambos márgenes de la calzada puntos cada 10 metros con la altura a la que habrá que extender teniendo en cuenta como está en esos puntos la capa de firme que hay debajo. También tendrá en cuenta los bombeos en alineaciones rectas y los peraltes en curvas. De esta manera el equipo podrá comenzar a clavar piquetes metálicos a la cota marcada para después colocar un cable sobre ellos que guiará a la extendedora en el espesor a medida que avance.

La puesta en obra no se deberá de iniciar hasta que se haya aprobado el estudio de la mezcla y obtención de la metodología de trabajo que incluirá aspectos como la temperatura a la que debe de extenderse la mezcla, temperaturas mínimas de descarga, temperaturas de mezclado entre otras. Además, es necesario que antes de empezar se ejecute un tramo de prueba para asegurarse de que la metodología propuesta es la correcta. Dirección de obra determinará la longitud del tramo de prueba, que será en torno a los 100 metros.

Por otro lado, se deberá de comprobar la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que se va a extender la mezcla bituminosa en caliente, deberá tener el riego explicado anteriormente. Se comprobará por otro lado que, trascurrido el plazo de rotura del ligante de los tratamientos aplicados, no queden restos de agua en la superficie y si ha trascurrido mucho tiempo desde su aplicación se comprobará que su capacidad de unión con la mezcla bituminosa no ha disminuido de forma perjudicial y en caso de que lo haya hecho será necesario la aplicación de un riego de adherencia.

La fabricación de la mezcla se llevará a cabo en la planta asfáltica que llevará una producción especificada en la metodología y planificación del trabajo, realizando la carga de cada una de las tolvas de áridos en frío siempre entre el 50-100 % de su capacidad. A la descarga del mezclador todos los tamaños de árido deben de estar uniformemente distribuidos en la mezcla y todas las partículas homogéneamente cubiertas de ligante.

La mezcla bituminosa en caliente se cargará en los camiones bañera para su posterior transporte desde la central de fabricación a la extendidora automotriz para aglomerado, para evitar su enfriamiento superficial, deberá protegerse durante el transporte mediante lonas u otros cobertores adecuados, para impedir que en el momento de descargarlo su temperatura no sea inferior a la marcada en la metodología de trabajo.

Una vez ya se tiene la mezcla en el lugar de la extendidora, se comenzará la extensión por la capa base realizándose 2 franjas longitudinales (se extenderá media sección primero y la otra media sección después). La mezcla bituminosa se extenderá siempre en una sola tongada intentando siempre que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme sin segregaciones y arrastres y teniendo en cuenta que el espesor que deje la extendidora no se ajustará al definitivo si no que hay que calcular el espesor del extendido de tal manera que al compactar nos queden esos 8 cm de espesor (al compactar se baja un 20% es decir se extenderán unos 10 cm), hay que intentar ajustar la velocidad de extendido de la extendidora con la de producción de la central.

Una vez extendida la mezcla se procede a su compactación realizada con equipo formado por un compactador de neumáticos más un compactador de rodillos vibratorio autopropulsado, el número de pasadas por el compactador sin vibración siempre será superior a 6 y se deben de hacer a la mayor temperatura posible y sin que se produzca desplazamiento de la mezcla extendida, esta compactación se debe de hacer longitudinalmente y de manera continua, además se debe de plantear de tal manera que al compactar cada franja extendida se compacte al menos unos 15 cm de la anterior.

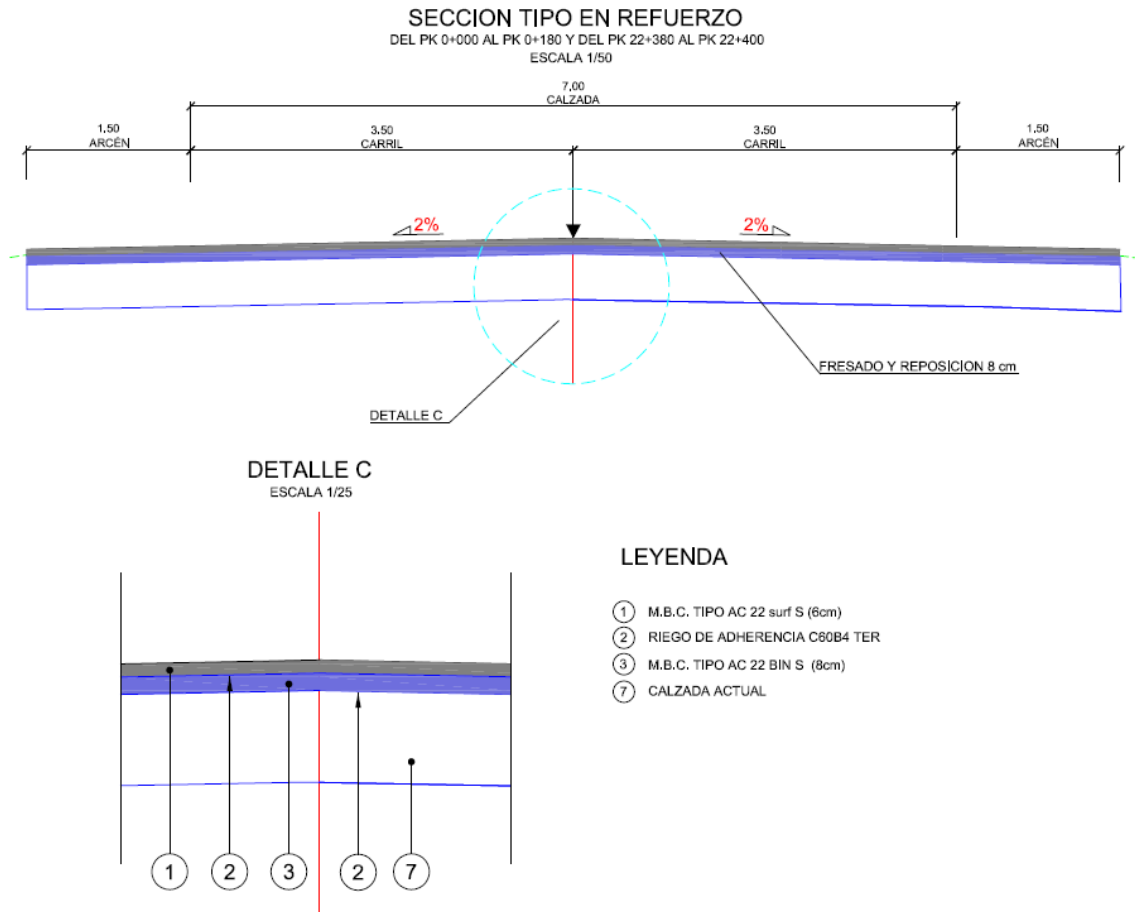


*Ilustración 23 Fotografía del equipo de aglomerado extendiendo la capa de rodadura en la A-121. Al fondo el camión bañera, seguido de la extendidora avanzando y de un rodillo liso compactador.*

El día tiene que estar previsto para que a mediodía esté acabada media calzada en el tramo previsto y se pase el corte al otro lado, circulando los vehículos por el tramo extendido. De nuevo justo antes del comienzo del extendido se extenderá la emulsión asfáltica termoadherente, comenzarán a llegar los camiones bañera con la mezcla y se irá extendiendo.

En los tramos de las dos estructuras ya construidas (barranco de Aguaviva y Rané) la calzada se estrecha por motivos de la estructura. Existen juntas de dilatación las cuales no está previsto cambiarlas en proyecto. Ya que aquí no se hará reciclado y para no aumentar la cota de la rasante y añadir peso propio a la estructura, se hará un fresado de 6 cm entre las juntas de dilatación (que son 2 por estructura y están situadas al comienzo y al final) para después el equipo de extendido extienda la capa de rodadura y de continuidad a todo. Importante también un buen remate entre la MBC y las juntas de dilatación.

Hay que recordar que en capa base se extenderán 8 cm a 10 metros de anchura (carriles 7 metros y arcenes 3 metros). Esta anchura será de unos pocos cm más para dar un acabado en los márgenes en pendiente y que no haya un corte vertical entre la berma y la calzada (derrame). Como se extiende en 2 secciones, hay que tener en cuenta el tratamiento de la junta longitudinal. Además, lo suyo es que no se extienda exactamente la mitad de la sección, 5 metros. Extender por ejemplo 4,9 metros y 5,1 para que la junta longitudinal de base no coincida con la junta longitudinal de rodadura. En capa de rodadura como se ha mencionado con anterioridad, se extenderán 6 cm de espesor (ya compactado).



*Ilustración 24 Distribución de capas para la MBC*

La mezcla a extender será una mezcla bituminosa en caliente de tipo AC (asphaltcement) 22 (tamaño máximo de árido) bin (base) con un betún B 50/70. Se extenderá entre 160 y 170 °C. En rodadura será una AC22surf(superficie). Entre ambas capas se extenderá un riego de adherencia como antes con una dotación de 0.6Kg/m<sup>2</sup>.

La capacidad de los camiones de transporte de MBC deberá ser como mínimo de 20 Tn (suelen ser de 27-29) y deberán estar programados para evitar parones sucesivos del equipo de aglomerado. Es decir, ir viniendo en intervalos de tiempo más o menos justos para extender la mezcla parando el mínimo posible.

#### 2.3.4.2 Ensayos

Durante el extendido, tanto la capa base como de rodadura, se extraerán muestras diarias y se medirá el contenido de betún (en % UNE-EN 12697-1), huecos (huecos en aire, huecos en árido mineral y hechos rellenos con ligante en el árido UNE-EN 12697-8) y sensibilidad (se mide la resistencia a la tracción indirecta ITSr % UNE-EN 12697-12). Además, se tendrá que hacer el ensayo del IRI (índice de regularidad superficial) de cara a la recepción.

#### 2.3.4.3 Rendimientos

El rendimiento medio de extendido y compactación de la mezcla, teniendo en cuenta los parones que se puedan producir y teniendo en cuenta que es a media sección (primera mitad antes del mediodía y segunda mitad después) es de 800 metros al día. Lo que supone un rendimiento diario de 1500 toneladas diarias teniendo en cuenta una densidad de la mezcla de 2,4 Tn/m<sup>3</sup>. Habrá que tener en cuenta que en la capa de rodadura se avanzarán más metros lineales por día debido a que la mezcla es de menor espesor.

Tenemos unos 10 Km de carretera a ejecutar y 2 capas: base y rodadura. Por lo tanto 20000 m / 800 m = 25 días laborables. Un poco más de un mes completo. Los equipos de señalización y balizamiento podrán empezar a pintar un poco antes de que se haya acabado la capa de rodadura siempre y cuando no alcancen nunca al equipo de extendido (pararían y no sería útil).

## 2.4 SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS

### 2.4.1 Retirada de elementos

En primer lugar, habrá que retirar aquellos elementos existentes en la carretera que tengan que ver con la señalización y el balizamiento. Importante mencionar que esta labor se puede hacer en cualquier momento siempre y cuando no condicione la colocación de las nuevas defensas o señales de tráfico existentes. En caso de condicionar a la maquinaria durante la parte de firmes, también habrá que retirarla con antelación.

Para la retirada de señalización, un peón ordinario se encargará de desmontar las señales y un camión pluma cargará estas y las transportará al lugar de acopio (ver apartado de tratamiento de residuos).

Para la retirada de barrera bionda, se necesitarán como mínimo un par de peones desmontando las uniones atornilladas de estas. Después, y con ayuda de los peones, un camión pluma transportará los elementos sobrantes (postes y barreras) al lugar de acopio.

Dado que hay que retirar 61 señales y 4 carteles se tardarán un par de días en retirar estas y aproximadamente unos 10 días el camión pluma junto con los dos peones en retirar y acopiar la barrera bionda existente.

#### 2.4.1.1 Demolición de barrera de hormigón

Dado que existe un pequeño puente, está previsto en proyecto la demolición de las barreras de hormigón que había. Se trata del puente sobre el barranco de René situado en el P.K. 16+490.

La demolición consistirá en una retroexcavadora equipada con martillo hidráulico la cual picará el hormigón hasta demoler la totalidad de la barrera. Después, equipará el cazo y cargará en un camión con caja basculante los trozos de hormigón. Dado que es una barrera muy pequeña, el cazo de la retroexcavadora será suficiente para cargar los trozos de hormigón. Posteriormente el camión transportará a la zona de residuos de hormigón los restos sobrantes.

Esta tarea no afecta a la duración total de la obra (se puede hacer en cualquier momento antes de la colocación del nuevo pretil de hormigón) y su duración será de una jornada laboral.

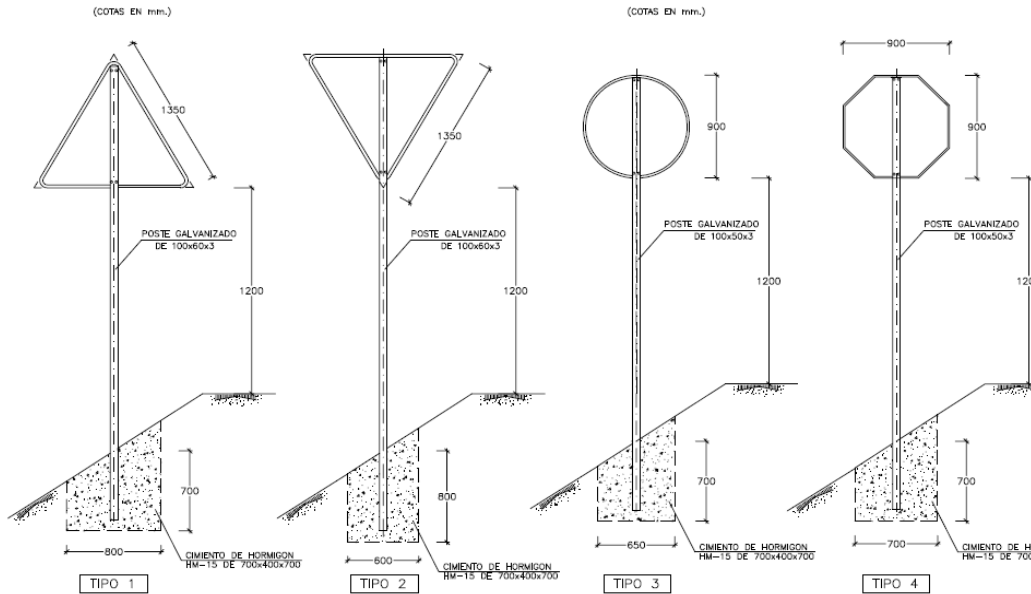
### 2.4.2 Señalización vertical

Las señales verticales, debido a sus reducidas dimensiones serán colocadas y fijadas en sus posiciones definitivas por una cuadrilla formada por un oficial de primera y un ayudante. Para su colocación, en los casos en los que sea necesario, se realizará primero una pequeña excavación en zanja mediante retroexcavadora. A continuación, se introducirá el poste de acero galvanizado sobre la que se sustenta la señal en el hueco dejado para señal y se hormigonará la cimentación de la señal con un hormigón HM-15.



**SEÑALES DE PELIGRO**

**SEÑALES DE REGLAMENTACION**



*Ilustración 25 Detalle de dimensiones y cimentación de las señales verticales triangulares, circulares y octogonales a emplear*

Por otro lado, los carteles y paneles, debido a sus dimensiones, tendrán un mayor peso y por ello su disposición en obra se realizará mediante una grúa de pequeñas dimensiones. El proceso a seguir en la colocación es análogo al empleado para las señales de menor envergadura: excavación si fuera necesario, posicionamiento y hormigonado.

Según lo contenido en el anejo 8 de Señalización y Balizamiento, las señales y carteles laterales se colocarán de forma que su borde más próximo diste al menos dos metros y medio del borde exterior de la calzada (2,50 m) y cincuenta centímetros del borde exterior del arcén (0,50 m). El borde inferior de los carteles laterales o señales estará a una altura de 1,80 m de la rasante. Los carteles flecha empleados se situarán a una altura de al menos 2,20 m para no entorpecer la visión del tráfico y las señales de advertencia de peligro se colocarán aproximadamente a 200 m (entre 150 m y 250 m) antes de llegar a la sección donde se encuentra el peligro.

Señales a colocar:

- 30 señales verticales circulares de acero galvanizado retroreflectantes de 135 cm de diámetro.
- 10 señales verticales triangulares de acero galvanizado retroreflectantes de 90 cm de lado.
- 31 señales verticales octogonales de acero galvanizado retroreflectantes de 90 cm de doble apotema.
- 14 paneles direccionales retroreflectantes de 160x140cm clase RA2.
- 4 carteles complementarios retroreflectantes de 800x300mm.

La clase de retrorreflexión de los paneles será la misma en todos los elementos de una misma señal o cartel y no deberá ser inferior a lo prescrito en la siguiente tabla:



TIPO DE SEÑAL O CARTEL	ENTORNO DE UBICACIÓN DE LA SEÑAL O CARTEL		
	ZONA PERIURBANA (Travesías, circunvalaciones...)	AUTOPISTA AUTOVÍA Y ANTIGUAS VÍAS RÁPIDAS	CARRETERA CONVENCIONAL
SEÑALES DE CONTENIDO FIJO	Clase RA2	Clase RA2	Clase RA2
CARTELES	Clase RA3	Clase RA3	Clase RA2

*Ilustración 26 Clase de retrorreflexión mínima en señales y carteles a disponer.*

El tiempo de colocación será de aproximadamente 1 semana. Se realizará al mismo tiempo que la colocación de la bionda para no perder tiempos.

### 2.4.3 Señalización horizontal

La señalización horizontal contempla el pintado de las marcas viales longitudinales, transversales, flechas y cebreados que regularan la circulación a lo largo del tablero.

Estas marcas viales serán principalmente:

- Eje de la carretera y márgenes de los carriles.
- Símbolos y cebreados.
- Apartaderos y caminos a fincas.

El pintado de la señalización horizontal de ejes y carriles se realizará una vez la capa de rodadura esté finalizada y el aglomerado asfáltico se haya enfriado. Se llevará a cabo una primera aplicación a base de pintura reflectante acrílica y de color blanco. Previo a la aplicación de la pintura se realizará un premarcado del eje, que consistirá en disponer de una cuerda a lo largo de la traza de la futura marca y marcar la traza con una brocha. A continuación, la señalización horizontal se ejecutará con una máquina pintabandas automotriz siguiendo lo premarcado mediante brocha.

Según lo citado en el anejo 8 de Señalización y Balizamiento, la anchura de las marcas delimitadoras de carriles será de 15 cm y de 10 cm para el eje. La dotación de la pintura y microesferas a emplear en la ejecución de las marcas viales la establecerá Dirección de Obra a la vista de los resultados de las pruebas a realizar. Esta dotación estará comprendida entre 680 y 720 g/m<sup>2</sup> en la pintura acrílica y entre 480 y 500 g/m<sup>2</sup>, en las microesferas, todo ello referido a las marcas viales de eje y bordes.

Considerando que las marcas horizontales a realizar sobre la calzada tienen una longitud total aproximadamente de 28200m de acuerdo a la medición de proyecto y que a esto habrá que añadir la señalización de marcas viales tales como stops, cedas ... etc. cuyo rendimiento será menor. Estos tienen una medición total de 63.4 metros cuadrados.

Se estima en 10 días laborables (2 semanas) el tiempo para la realización de esta tarea. Dependerá siempre de la finalización de la capa de rodadura, por lo que si afectará a la duración total de la obra.

#### 2.4.4 Hitos

El procedimiento constructivo consistirá en la hinca del hito en el terreno y el posterior atornillado para que esté fijo. Esta labor será realizada por un oficial y un peón ordinario los cuales irán hincado los hitos cada 50 metros. Estos estarán acopiados en un camión pluma el cuál ayudara a la descarga de estos.

El hito irá empotrado en la tierra aproximadamente unos 50 cm y se localizará a unos 30cm de la parte exterior del arcén (en la berma). Cuando se localicen sobre roca u hormigón los hitos se anclarán mediante una pieza metálica galvanizada.

A veces, los hitos coincidirán con la barrera metálica bionda. En estos casos los hitos se anclarán a la barrera metálica mediante una pieza metálica para que sobresalgan por encima de esta y de esta manera sean visibles.

Los hitos llevarán sobre sus bandas negras unos elementos reflectantes. Se colocarán 3 tipos de hitos:

- Hitos miriamétricos.
- Hitos kilométricos.
- Hitos de arista.

En total, habrá que colocar 700 hitos de arista en ambos sentidos y con separación de 50 metros entre ellos, 22 hitos kilómetros y 4 hitos miriamétricos (son hitos kilométricos especiales para múltiplos de 10). El tiempo de colocación de todos ellos será de aproximadamente una semana y esta tarea se realizará posteriormente a la colocación de las biondas para si anclar a estas los hitos correspondientes.

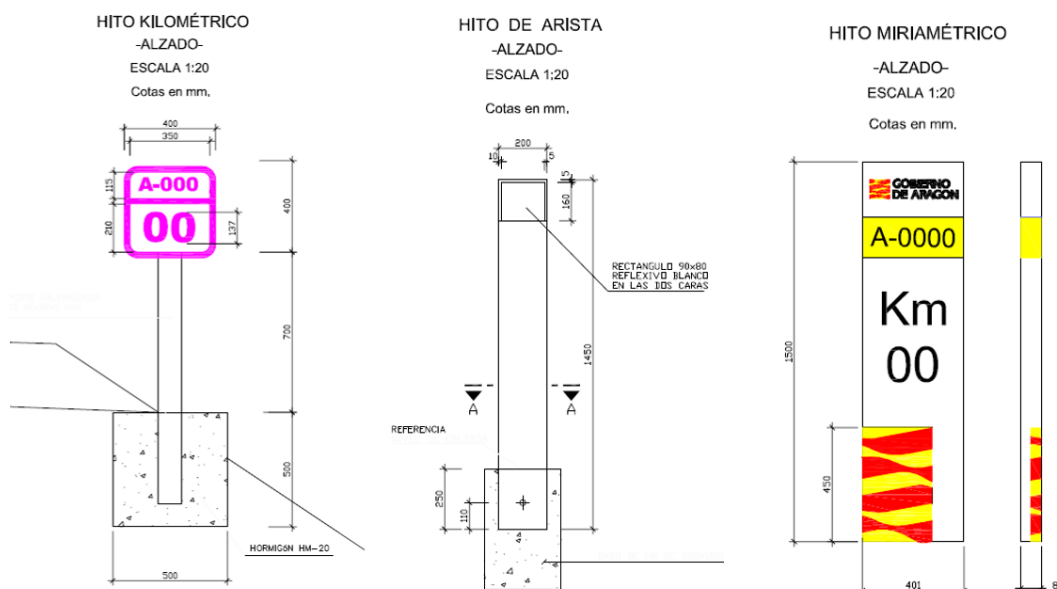


Ilustración 27 Esquemas de dimensiones y cimentación de hitos kilométricos, de arista y miriamétricos

## 2.4.5 Defensas

### 2.4.5.1 Barreras metálicas

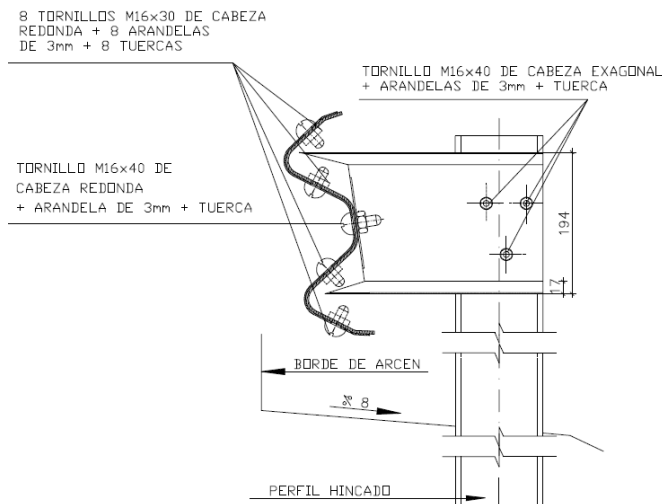
El proceso de colocación de las barreras metálicas será realizado por una cuadrilla formada por un capataz, un oficial y varios peones.

- Alineado de la barrera en el terreno.
- Hincado de postes en el terreno con una máquina hincadora de postes cada 2 o 4 metros.
- Fijación del separador de doble onda al poste mediante una unión atornillada.
- Atornillado de la barrera de acero galvanizado y colocación del captafaro (también situados cada 2 o 4 metros).

Las barreras se colocarán paralelas al eje de la calzada, en la berma y sin llegar a invadir nunca los arcenes. Habrá que tener en cuenta la anchura de trabajo.

Según lo contenido en el anejo 8 de señalización, los tramos con un nivel de accidentalidad grave en los que se han colocado barreras metálicas de seguridad simples de doble onda corresponden a los tramos ubicados en las transiciones con los pretiles instalados en los puentes sobre barrancos, y en el paso inferior bajo las vías del AVE. En ellos se instalarán barreras de seguridad simple superpuesta BMSNC2/T (H1, w5, A) (Nivel de contención, Clase de anchura de trabajo, Índice de Severidad al Impacto) con postes tubulares cada 2 m, que posee valores de parámetros mayores que los requeridos (H1, w2, A).

El resto de los tramos corresponden con un nivel de accidentalidad normal. En ellos se instalarán barreras metálicas de seguridad simples BMSNA4/T (N2, w6, A) con postes tubulares cada 4 m.



*Ilustración 28 Detalle de elementos de sujeción de una barrera metálica simple*

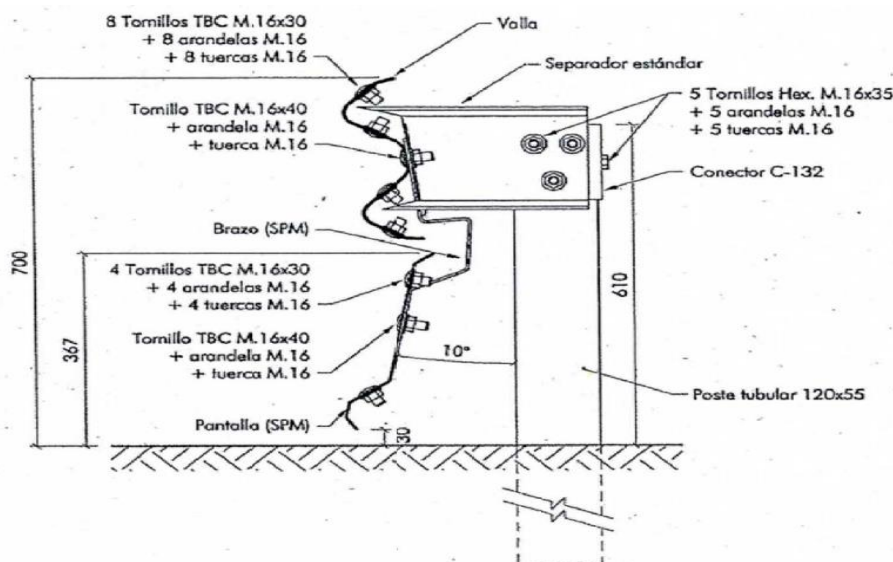
Se colocarán 4152 metros lineales de barrera metálica simple y 400 metros lineales de barrera metálica superpuesta. El tiempo de colocación será de aproximadamente 2 semanas. Se deberá realizar con antelación a los hitos y una vez las bermas estén finalizadas.

#### 2.4.5.2 Sistemas de protección para motoristas

Será instalada por el mismo equipo encargado de colocar la bionda. Una vez finalizada la colocación de la bionda en el tramo curvo, el equipo anclará y atornillará la barrera para motoristas a los postes existentes.

Debido a lo recogido en el anejo 8 de Señalización y Balizamiento y de acuerdo a la normativa, en curvas con un radio inferior a 200 metros se deberán situar estos sistemas de protección. Es por esta razón que se deberán de colocar 708 metros lineales de barreras de protección para motoristas.

El sistema de protección de motoristas estará compuesto por una barrera flexible bionda de acero galvanizado, con nivel de contención L2-N2, anchura de trabajo w4, índice de severidad B I (L2-N2, w4, B I), que posee valores de parámetros mayores que los requeridos por la barrera metálica de seguridad sobre la que se instala.



*Ilustración 29 Detalle de elementos de sujeción y dimensiones para un sistema de protección para motoristas fijado en una barrera metálica simple*

#### 2.4.6 Acondicionamiento sobre los barrancos de René y Aguaviva

En los P.K. 16+490 y 15+775 encontramos dos pequeños puentes de reciente construcción (René y Aguaviva respectivamente) en los cuales se contempla en el anejo 7 de estructuras que habrá que hacer un pequeño murete de contención de tierras pero que, al no variar el trazado de la carretera, la ampliación de la plataforma existente no conllevará la ampliación de la estructura. Con lo cual se ejecutarán los muretes y se hará una pequeña cimentación para la colocación de los pretilos.

El procedimiento constructivo consistirá en realizar un pequeño muro de escollera empezando con una retroexcavadora la cual, desde la parte del río y en un periodo seco (está seco la mayoría del año), comenzará a trabajar sobre los taludes dando las pendientes adecuadas. Después una



cuadrilla colocará una pintura asfáltica impermeabilizante y una lámina geotextil a lo largo del trasdós del muro. Una vez impermeabilizado, una retroexcavadora equipada con un pulpo cargará material de escollera traído del préstamo y lo colocará revistiendo el trasdós. Para evitar que el agua deteriore el muro, en la parte superior se colocará un tubo dren de 110 mm de diámetro y se rellenará en la parte superior mediante un relleno con suelo seleccionado.



*Ilustración 30 Fotografía del muro de escollera ya terminado sobre el barranco de Rané.*

El geotextil servirá de contención también para los materiales más finos. Tendrá un espesor de 2,9 mm con un peso por unidad de superficie de 325g/cm<sup>2</sup> según lo contenido en el PG-3.

El peso específico del material no será inferior a 2,6 Tn/m<sup>3</sup> y tendrá que tener una resistencia a compresión simple superior a 70 Mpa. Deberá de ser caliza y estar en estado sano (sin grietas).

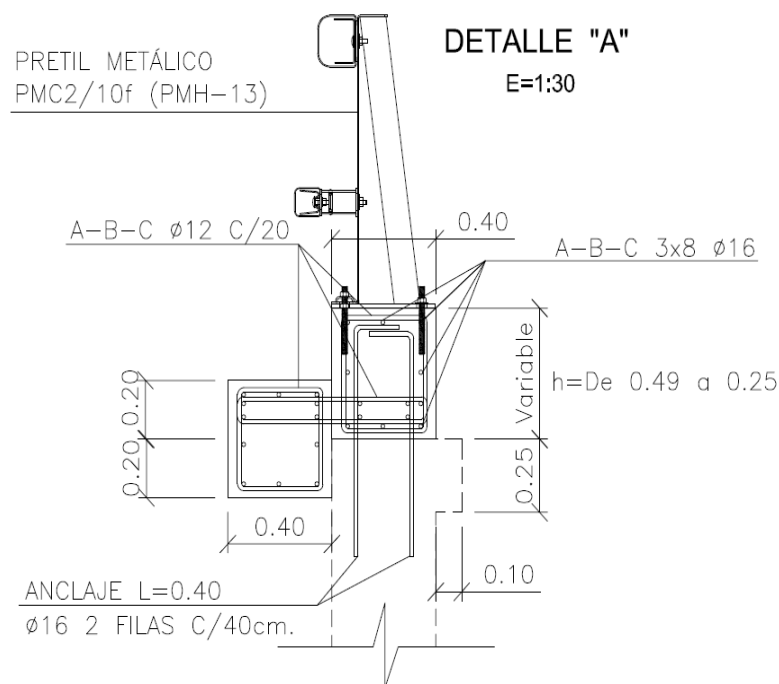
El rendimiento de esta operación será de aproximadamente 1 día para taluzar cada lado del muro, otro día para el revestimiento y 2 días para la colocación de la escollera.

#### 2.4.7 Pretiles

Tras la previa demolición ya citada anteriormente, se ejecutarán los pretiles en ambos márgenes de la calzada en el puente sobre el barranco de Aguaviva. El procedimiento constructivo consistirá en una cimentación de 40 cm de altura en ambos márgenes de la estructura la cual se preparará mediante una base de hormigón HM-20. Se colocará la ferralla correspondiente y anclajes y se procederá al hormigonado (hormigón HA-35). Tras el vibrado y el posterior curado, regando si fuera preciso se comenzará a preparar la segunda fase de hormigonado preparando de nuevo la ferralla y posterior encofrado. Se hormigonará con un HA-35, se vibrará y se dejará curar.

Por último, se instalarán los pretiles metálicos. Estos se traerán en un camión pluma el cual ayudará a la descarga y posicionamiento de los mismos. Una vez en posición, se fijarán a la estructura mediante pernos de anclaje y una resina epoxi. El tipo de pretil metálico a colocar será un PMH-13 con nivel de contención H2, anchura de trabajo W2 con postes cada 2 m.

Respecto al acero a emplear para las armaduras este será un B500S y se colocarán un total de 2300Kg según lo establecido en el proyecto. Puede ser preciso que se utilicen separadores para la ferralla si fuera necesario. Tener en cuenta que toda aquella armadura auxiliar a utilizar no se podrá exigir como pago a la administración.



*Ilustración 31 Detalle de cimentación, armado y dimensiones del pretil metálico PHM-13 colocado sobre la estructura de hormigón.*

Las juntas del encofrado no dejarán rendijas de más de dos milímetros (2 mm) para evitar el derrame de lechada; pero deberán dejar el hueco necesario para evitar que por efecto de la humedad durante el hormigonado o durante el curado se compriman y deformen los tableros. Se empleará encofrado caravista en la 2ª parte del hormigonado ya que la cimentación sobresaldrá unos cuantos cm sobre la cota del puente y es interesante que tenga un buen acabado.

El tiempo estimado para la excavación de la zanja, cimentación, hormigonado y colocación del pretil metálico es de 1 semana. Esta tarea no afecta a la duración total de la obra y se podrá hacer en fase de movimiento de tierras o afirmado, siempre y cuando no condicione a estas.



*Ilustración 32 Fotografía del barranco de Aguaviva finalizado. En ambos márgenes la pequeña escollera colocada y en la parte superior, el pretil de hormigón ya ejecutado.*

## 2.5 RESTAURACIÓN AMBIENTAL

En primer lugar, citar que según lo establecido en el anejo 15 de Restauración Ambiental, no será necesario realizar una declaración de impacto ambiental específica para esta obra.

Se efectuarán una serie de medidas tanto preventivas, como correctoras. Entre ellas destacan la localización de préstamos y vertederos (descrita en el apartado de tratamiento de residuos), protecciones para el suelo, calidad del aire, jalonamiento, fauna, patrimonio cultural, incendios y tratamiento de residuos.

### 2.5.1 Jalonamiento

Será de vital importancia evitar que el tráfico circule en puntos concretos donde podría representar un peligro o desacondicionar una labor ya realizada (una zona revegetada, por ejemplo). Para ello señalar los límites de las zonas de actuación será preciso el jalonado de todas las zonas de obras para que la circulación de personal y maquinaria se restrinja a la zona acotada. Por ello se colocarán hitos reflectantes cada 10 metros. Estos son postes de plástico hincados por peones los cuales son muy fáciles de colocar y muy útiles, tanto para delimitar zonas, como para ser elementos visibles durante la noche. Deberán ser revisados periódicamente, sustituidos en caso de ser necesario y retirados una vez no hagan falta en esa zona.

### 2.5.2 Calidad del aire

Tratar en la medida de lo posible, de humectar siempre que se pueda para evitar el levantamiento de partículas. La periodicidad de los riegos dependerá de las condiciones atmosféricas y de la humedad del terreno, aunque con carácter general se recomienda un mínimo de 2 riegos semanales en el periodo comprendido entre los meses de junio y octubre.

Otra solución posible es la realización de acopios de material para disminuir la superficie en contacto con el viento y disminuir el levantamiento de polvo. En caso de fenómenos meteorológicos adversos graves se pararán las obras.

### 2.5.3 Protección de los suelos

El suelo que se desbroce deberá ser acopiado lo más rápido posible para evitar la pérdida de nutrientes. Este suelo podrá ser usado posteriormente para revegetar todas aquellas zonas que se estimen en proyecto

En taludes con pendiente 3H:2V y en préstamos y vertederos se realizará una siembra de leguminosas a dosis de 25 g/m<sup>2</sup> y una posterior labor de enterramiento, mediante volteo mecánico, a realizar seis meses después de dicha siembra. Esta labor será realizada por una máquina de hidrosiembra. La hidrosiembra se realizará siempre en “dos pasadas”; la primera aportará la semilla con el resto de componentes, mientras que la segunda contendrá sólo agua, mulch y estabilizador. La función de esta segunda pasada es proporcionar una capa de protección a las semillas frente a cambios extremos de temperaturas, fijarlas al sustrato para evitar sean arrastradas por las lluvias y proporcionar humedad. Para asegurar el resultado, las pasadas deben realizarse de forma consecutiva, una a continuación de la otra.



ETAPA	COMPONENTES	DOSIS
Primera pasada	Agua	1 l/m <sup>2</sup>
	Semilla	35 gr/m <sup>2</sup>
	Mulch	60 gr/m <sup>2</sup>
	Estabilizante	20 gr./m <sup>2</sup>
	Abono	60 gr./m <sup>2</sup>
Segunda pasada	Agua	1 l/m <sup>2</sup>
	Mulch	20 gr./m <sup>2</sup>
	Estabilizante	10 gr./m <sup>2</sup>

*Ilustración 33 Dotación de componentes de la hidrosiembra en las distintas pasadas*

Las épocas más favorables para la hidrosiembra son la primavera y el otoño, ya que son épocas de lluvia que ayudan al crecimiento. Durante el periodo de germinación se regarán los acopios todos los días, empleando dosis de riego de 1 a 2 litros por m<sup>2</sup>. El riego se efectuará repartiendo el agua de forma lenta para evitar los arrastres de tierra y semillas debidos a la escorrentía. Tras la germinación se efectuarán dos riegos adicionales con intervalos de 15 días entre ellos. Estos riegos tendrán la misma dotación que el anterior y se ejecutarán de la misma forma.

#### *2.5.4 Mantenimiento de la red de drenaje superficial*

Si como consecuencia de las obras, la red de drenaje se puede ver afectada y por lo tanto, la evacuación de agua puede ser un problema se deberán adoptar medidas preventivas para evitar acumulaciones incontroladas de agua:

- Barreras de sedimentos: este tipo de barrera se puede generar acumulando material del desbroche con la retroexcavadora de manera que pase el agua a través de la barrera, pero no puedan pasar los sedimentos. Esta opción puede ser útil en las zonas de los márgenes del río cuando se esté realizando la protección del talud en el Puente de Rané para así evitar la acumulación de sedimentos.
- Balsas de decantación: en el anejo de restauración ambiental se propone la realización de una balsa de decantación en la zona donde se sitúe el parque de maquinaria y servicios en la obra. Se propone crear un pequeño perímetro con una retroexcavadora que conduzca las aguas del interior a una balsa de pequeñas dimensiones con un previo hormigonado de un hormigón pobre de unos 5 cm de espesor.

#### *2.5.5 Protección del patrimonio cultural*

En el presupuesto, se cita una pequeña cantidad en labores de prospección arqueológica la cual se realizará hasta un mínimo de 100 metros de anchura a partir del eje de la carretera. Lo llevará a cabo un equipo de especialistas subcontratados mientras se realiza el movimiento de tierras. Si se localiza un yacimiento, se efectuará una excavación para posteriormente documentar el yacimiento.

#### *2.5.6 Plan de Vigilancia Ambiental*

Citar que en el proyecto se elaboró un Plan de Vigilancia Ambiental en el cual se establecen los criterios que han de considerarse en la fase de obras y durante los primeros años de la explotación, con la misión de confirmar las alteraciones identificadas sobre el medio y verificar la evolución y alcance de aquéllas que mayor incertidumbre hayan registrado y detectar la posible aparición de efectos no previstos para incorporar, en su caso, medidas complementarias para su corrección.

## 2.6 GESTIÓN DE RESIDUOS

Debido a la normativa y recogido en el anejo de gestión de residuos de construcción y demolición, se elaboró un Plan de Gestión de Residuos de construcción y demolición para esta obra. En él se recogen los residuos que se producirán en la obra y se clasifican en dos niveles:

- Nivel 1: tierras y materiales pétreos procedentes de obras de excavación.
- Nivel 2: residuos generados por actividades propias de la construcción que no son clasificados como peligrosos y que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Residuos tales como madera, acero, papel, plástico, vidrio, hormigón...

En base al estudio se ha recogido a modo de resumen la cantidad de residuos que se va a generar:

DESCRIPCIÓN	CÓDIGO LER	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO (t)
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.	17 05 04	3.028,85	4.997,61
Mezclas bituminosas que no contienen alquitrán de hulla	17 03 02	565,36	1.356,86
Hormigón	17 01 01	288,28	720,70
Hierro y acero	17 04 05	6,375	50,04
Plásticos	17 02 03	0,17	0,12
Otros residuos de la construcción que contienen sustancias peligrosas	17 09 03	1,81	1,99
Otros residuos de la construcción mezclados no peligrosos	17 09 04	3,675	3,86

*Ilustración 34 Tabla resumen de residuos de construcción y demolición que se generarán en obra*

Todos los residuos generados serán enviados a un gestor de residuos autorizado por la "Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón" para cada tipo de residuo según su código L.E.R.

Importante mencionar, que en ningún momento se podrá actuar por cuenta propia con los residuos generados y que deberán ser almacenados y no manipulados hasta su posterior destino.

En obra, se habilitará una zona para el depósito por separado de los distintos elementos, (madera, materiales metálicos...). Se situarán varios contenedores en una zona debidamente señalizada y con indicaciones claras sobre qué tipo de material irá en cada contenedor. Intentar en la medida de lo posible acopiar todos los residuos que no vayan a contenedor de manera separada y clasificada hasta su reciclado. Además, así dirección de obra podrá elegir si considera que alguno de los residuos le es útil y quiere usarlo en su beneficio.

Los contenedores de productos tóxicos, químicos o en especial de residuos de amianto, deberán estar perfectamente señalizados, identificados y limitado el acceso a los mismos, pudiendo solo

acceder el personal especializado o autorizado. De esta manera los principales residuos se destinarán:

- Hormigón: a contenedor.
- Madera: acopio y posterior retirada en camiones.
- Plásticos: contenedor.
- Hierro y acero: contenedor.
- Tierras, piedras, lodos...: acopio.
- Otros residuos: contenedores especiales.

La zona donde se situarán los distintos acopios y contenedores deberá estar perfectamente delimitada y limpia, haciéndose limpiezas periódicas si es preciso. De cara a la finalización de obra queda expresamente recogido en el proyecto que no podrá quedar ningún tipo de RCD, contenedor, acopio o rastro en la zona donde estos se depositaron.



*Ilustración 35 Fotografía de un contenedor de plásticos en la zona de acopios de la A-121.*



*Ilustración 36 Fotografía de un contenedor de madera en la zona de acopios en la A-121.*



### 2.6.1 Lugar de acopio

La ubicación ideal es el apartadero sobre el puente de Rané (P.K. 16+500) aproximadamente. Se encuentra en la misma obra, en un desvío y con el suficiente espacio para numerosos contenedores, acopios, paso de vehículos y señalización adecuada. No obstante, se podrá elegir otro lugar siempre y cuando no sea una propiedad particular y dirección de obra así lo permita.

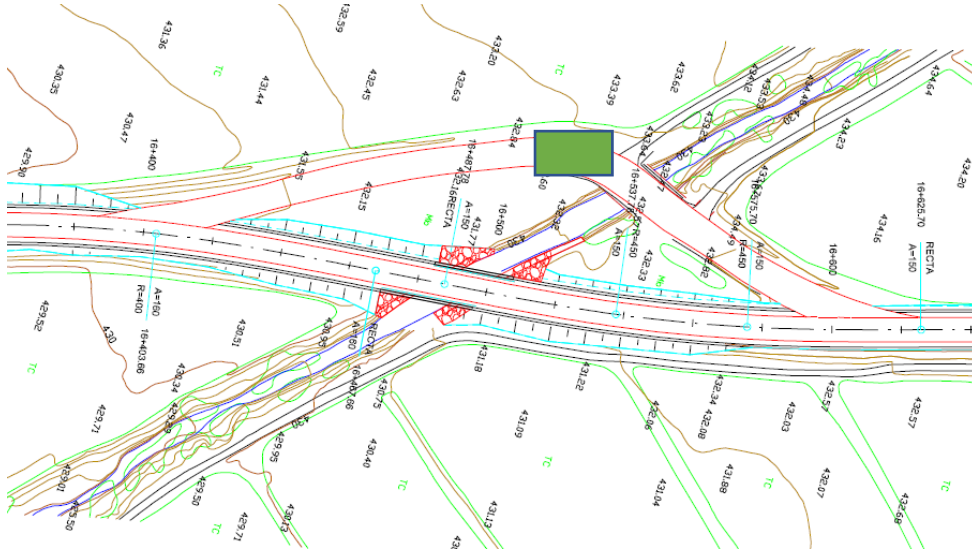


Ilustración 37 Localización de posible lugar de acopios de RCD

### 2.6.2 Acopio de barrera de hormigón rígida

Aunque la decisión de qué hacer con la barrera de hormigón rígida es una decisión de la dirección de obra, la gestión de esta durante la obra no. Dado que se tendrán más de 4000 unidades de barreras de hormigón será importante la gestión de estas cuando no estén siendo usadas en cortes de tráfico. En el lugar propuesto de acopio hay espacio más que suficiente para depositar las barreras. El propio camión pluma que las carga y transporta, podrá descargarlas en la zona también. De nuevo, se habilitará una zona exclusiva para el acopio de estas, debidamente señalizada y apartada.



Ilustración 38 Fotografía de un acopio de barrera rígida de hormigón en la A-121.

## 2.7 DESVÍOS DE TRÁFICO

Estamos ante uno de los aspectos más importantes de la obra junto con el capítulo de firmes. Esto es debido a que en el anejo 19 de soluciones al tráfico se detalla claramente que durante la ejecución de los trabajos se debe permitir siempre el tráfico al menos, en uno de los dos sentidos con tráfico alternativo. Por lo tanto, la planificación de los sucesivos cortes de tráfico, así como de los movimientos de señalización y barrera resulta un aspecto clave a lo largo de toda la obra.

### 2.7.1 Señalización durante la obra

Previamente a la ejecución del movimiento de tierras la obra deberá estar debidamente señalizada con todas las señales que se necesiten por normativa más las que la dirección de obra estime en caso de ser necesarias. Se colocarán dos carteles informativos a principio de obra en ambos sentidos informando de que el tramo está en obras y de que podrá haber cortes de tráfico en uno de los dos sentidos de hasta 15 minutos. La colocación de las señales se llevará a cabo entre un peón y un oficial, los cuales harán primero un pequeño hueco mediante un taladro perforador en el lugar donde irá la señal para después colocar un poste metálico al que habrán soldado previamente la señal. De esta manera se pueden reutilizar los postes y señales de obra (ya que estas se irán movimiento constantemente a medida que avanza la obra).

Importante también mencionar, que antes del inicio de las obras, se pintará mediante una pintabandas, tanto el eje como la separación entre carril y arcén de color amarillo con objetivo de señalizar todo el tramo de carretera en obras. El procedimiento es el mismo que el descrito en el capítulo de señalización horizontal (capítulo 4). Se necesitarán de 2 a 3 días laborables para ejecutar dicha acción.

### 2.7.2 Cortes de tráfico durante el ensanche de la plataforma

En esta fase, los equipos de movimiento de tierras se situarán siempre, en la medida de lo posible, en un margen de la calzada, de manera que no estorben al tráfico existente. En el caso de que, por razones constructivas, se tenga que ocupar la calzada existente, el procedimiento a realizar se explicará más adelante.

Además, existirán un mínimo de 2 km de barrera de hormigón tipo New Jersey. Esta separará la ejecución de los trabajos de movimiento de tierras de la calzada existente y permitirá circular a los vehículos en ambos sentidos con mayor seguridad (se deberá señalizar el estrechamiento).

## PLANTA



*Ilustración 39 Esquema de colocación de barreras de hormigón en las obras de explanación*

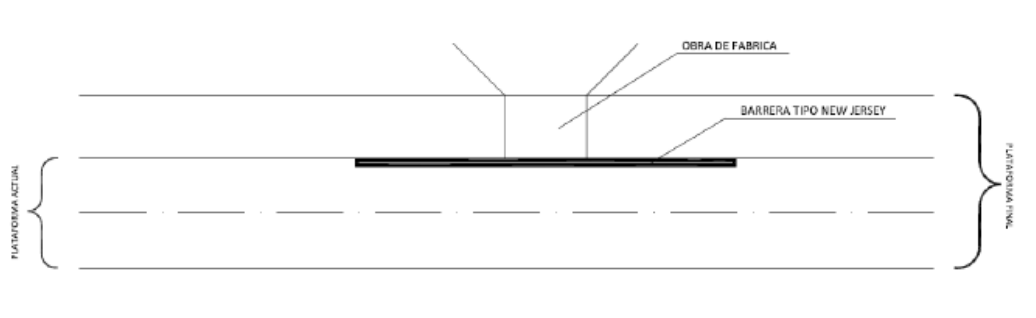
A medida que se vaya avanzando, la señalización y la barrera también lo tendrá que hacer. Por ello, será preciso la existencia de una o dos carretillas elevadoras y un camión pluma. Un equipo de peones encargados del mantenimiento de señales y un equipo de emergencia (fines de semana, noches y festivos) se encargarán de realizar los movimientos de señales y barrera. De manera que una vez está previsto el tramo siguiente a ejecutar y el anterior está finalizado, se cargan las barreras anteriores al camión pluma y se mueven al tramo posterior. Lo mismo con las señales, los peones las sacarán de su posición y las moverán a donde tengan que ir. Aquí entrará otro factor clave, los fines de semana y festivos. Cuando este previsto un corte de tráfico largo el equipo de emergencia tendrá más tiempo para el movimiento de toda la barrera.

El rendimiento del movimiento de barrera es aproximadamente de 1 kilómetro al día. De manera que se tardaran al menos 2 días en mover un corte completo (teniendo en cuenta tanto a los trabajadores de turno de día, como de noche).

### 2.7.3 Cortes de tráfico durante la ejecución de las obras de drenaje

En este apartado, ocurre algo parecido al anterior; la calzada permanecerá abierta en los dos sentidos con un pequeño estrechamiento en la zona donde se sitúe la barrera. Aquí la longitud de tramo de barrera de hormigón será la necesaria para garantizar la seguridad de equipos y tráfico a ambos lados. De nuevo, se preverán las sucesivas obras de fábrica que haya que hacer y se moverá la señalización con antelación.

## PLANTA



*Ilustración 40 Esquema de colocación de barrera de hormigón para drenaje y obras de fábrica*

### 2.7.4 Cortes de tráfico durante la ejecución del suelocemento in situ y el reciclado

Sin duda, el apartado donde más cruciales van a ser los cortes. En primer lugar, hay que tener en cuenta 2 aspectos clave:

- Esta estimado en proyecto que el tramo ejecutado tanto de suelocemento in situ como de reciclado tiene que reposar durante al menos 3 días para vehículos ligeros y 7 días para vehículos pesados. Dado que en la obra se da por hecho la presencia de vehículos pesados, habrá que esperar 7 días hasta que por el tramo puedan circular vehículos.
- SÓLO habrá circulación de tráfico en uno de los dos sentidos, de manera que los vehículos del otro sentido permanecerán a la espera.

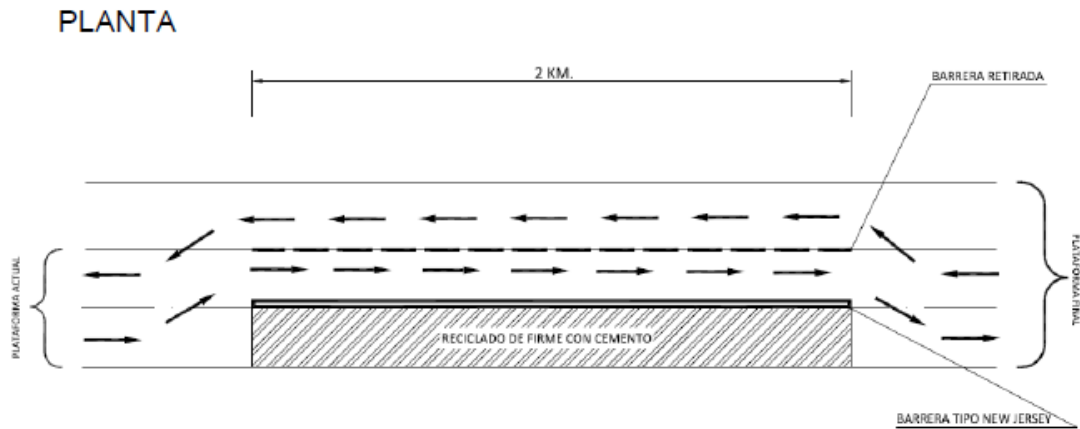
De manera que en primer lugar habrá que tener toda la barrera de hormigón movida y colocada antes de la ejecución de los trabajos, así como la señalización correspondiente. Se colocará un semáforo a principio y a final de corte (cada uno mirando en un sentido). Mientras un semáforo este en verde en un sentido, se permitirá el tráfico en este. El semáforo tendrá que estar programado el suficiente tiempo como para que el ultimo vehículo en cola y circulando a una velocidad lenta (30-40 km/h) sea capaz de llegar al otro lado sin que este se haya puesto en rojo todavía. Además, durante el día, habrá un prebandera a ambos lados, informando a los vehículos de que aminoren su velocidad. A ambos lados del semáforo estarán dos peones comunicados por walkietalkies. El primero informará al segundo del último vehículo en abandonar el semáforo y este dará paso en el otro sentido cuando haya visto que este pase. De esta manera podrán adelantarse a los semáforos durante el día, evitando las congestiones de tráfico.

Otro aspecto importante es el sentido de avance. Se empezará en el sentido Ricla - Fuendejalón en margen izquierda. Es decir, se empezará con suelocemento in situ (carril ficticio 1) en el ensanche de la calzada más el reciclado de media calzada existente (carril ficticio 2). El otro carril junto con el arcén será usado para el tráfico alternativo en ambas direcciones y estará separado por barreras de hormigón. Al acabar y llegar al final, será al revés, se ejecutará el reciclado del carril y arcén de calzada existente que faltaba y se dará tráfico alternativo en los dos sentidos como se ha explicado anteriormente.

Puede pensarse que al circular en sentido inverso (Fuendejalón - Ricla) no haya que dar tráfico alternativo puesto que solo quedaría un carril de reciclar y ya estaría ejecutado el ensanche con suelocemento como viene en proyecto. De hecho, así está definido en proyecto. Sin embargo, esto puede resultar muy peligroso puesto que en una situación de cruce de dos camiones anchos (se suponen anchuras de 3,3 m) más el de la barrera de hormigón más la distancia de seguridad



podría haber riesgo grave de accidente. Es recomendable estudiar la situación antes (una vez finalizado el sentido Ricla-Fuendejalón) y cerciorarse bien de que esta situación no se va a producir. Consultarlo con la dirección de obra y seguir con el tráfico alternativo si fuera preciso. En el caso de la ejecución de la obra se continuó con el tráfico alternativo por motivos de seguridad.



*Ilustración 41 Esquema de la distribución de barreras de hormigón y sentidos del tráfico en el sentido Ricla-Fuendejalón*

### 2.7.5 Cortes de tráfico durante el extendido de la MBC

Se continuará con la estructura de tráfico alternativo. Primero se señalará y moverán conos al lugar de ejecución del extendido. Habrá de nuevo dos semáforos controlando el tráfico alternativo. Se realizará primero un extendido hasta el P.K. que se prevea llegar ese día en media calzada. A mitad de día se cambiará el tráfico alternativo al carril ya extendido y se comenzará a extender la MBC al otro margen. No se podrá utilizar barrera de hormigón para separar el extendido al tráfico puesto que en el mismo día habrá que retranquear los conos y situarlos dentro de la MBC ya extendida para poder extender el resto de la mezcla. Se llevará a cabo el mismo procedimiento tanto para la capa intermedia, como para rodadura.

Existe una diferencia fundamental entre el extendido y la fase de reciclado: una vez finaliza la jornada no hay que esperar 7 días para abrir al tráfico. Es decir, una vez finalizada la jornada y los fines de semana, la carretera podrá estar abierta al tráfico en ambos sentidos.

### 2.7.6 Cortes durante la ejecución de cunetas, bermas y otras actuaciones

Siempre que se tenga que invadir la calzada con motivo de realizar alguna acción con una máquina (ya sea por ejemplo una retroexcavadora trabajando en una cuneta, o una motoniveladora arreglando una berma) se deberá de hacer un pequeño corte. Este se hará con dos peones comunicados por walkietalkies. Uno comunicará al otro cuando pasa el ultimo vehículo y con un panel de dos caras (stop y sentido único) dará stop a los vehículos en ese sentido mientras que el otro esperará a que pase el ultimo vehículo y dará paso. Estos cortes no serán de más de 200 metros ya que son trabajos puntuales y el objetivo es no ralentizar el tráfico.

### 2.7.6.1 Aspectos a tener en cuenta

Una buena planificación de los cortes de tráfico hará que los trabajos se puedan empezar cuanto antes. Si se aprovechan bien las horas muertas (fines de semana, noches y festivos) para que el equipo de emergencia anticipe la señalización y barrera para los cortes, los trabajos podrán empezar siempre a primera hora del día y no habrá retrasos. En el proyecto queda perfectamente definido que la carretera no puede estar cortada totalmente al tráfico en ningún momento. La aceleración producida por los peones señalistas hablando mediante walkietalkies y anticipándose a los semáforos será vital para no crear grandes congestiones en días de mucho tráfico.

### 2.7.8 Ejemplo de señalización

A continuación, se plantea un esquema de toda la señalización que debería haber en obra para el caso más complejo del reciclado y suelocemento in situ. Se ha añadido señalización adicional a modo de mejorar las condiciones de seguridad dentro de la obra.

#### Antes del comienzo de obra (dirección Fuendejalón):

- **AVISO DE TRAMO EN OBRAS CON RETENCIONES DE HASTA 15 MINUTOS** (P.K. 25 aproximadamente)
- **TP-31 CONGESTIÓN**
- **TP-18 OBRAS**
- **TP-301 (60) VELOCIDAD MÁXIMA**
- **TR-305 ADELANTAMIENTO PROHIBIDO**
- **TP-17 ESTRECHAMIENTO DE CALZADA**
- **TP-3 SEMÁFOROS**
- **TP-301 (40) VELOCIDAD MÁXIMA**
- **TR-305 Y TR-413 ADELANTAMIENTO PROHIBIDO Y ALUMBRADO DE CORTO ALCANCE**
- **TP-18 OBRAS**

Separación entre señales de 50 metros

#### Antes del comienzo del corte:

- **TP-301 (40) VELOCIDAD MÁXIMA**
- **TR-305 ADELANTAMIENTO PROHIBIDO**
- **TP-28 PROYECCIÓN DE GRAVILLA**
- **TP-31 CONGESTIÓN**
- **TP-301 (60) VELOCIDAD MÁXIMA**
- **TR-305 ADELANTAMIENTO PROHIBIDO**
- **TP-17a ESTRECHAMIENTO DE CALZADA**
- **TP-3 SEMÁFOROS**
- **TP-301 (40) VELOCIDAD MÁXIMA**
- **TM-3 SEÑALIZACIÓN MANUAL STOP**

Separación entre señales de 50 metros

#### Durante el corte:

- **TB-2 y TR-401b CURVA Y PASO OBLIGATORIO**
- **TP-28 PROYECCIÓN DE GRAVILLA**
- Tramo separado por bastones, conos (TB-6) y barrera rígida.
- **TP-301 (40) VELOCIDAD MÁXIMA**

- TM-2 **SEÑALIZACIÓN MANUAL SENTIDO OBLIGATORIO**
- TB-5 y TR-400a **SENTIDO OBLIGATORIO Y CURVA**

**Fin de corte.**

**Durante toda la obra y cada kilómetro:**

- TP-18 **OBRAS**
- TP-301 (60) **VELOCIDAD MÁXIMA**
- TR-305 **ADELANTAMIENTO PROHIBIDO**

**En el tramo de gran pendiente (comienzo P.K. 19 aproximadamente):**

- P-30 **ESCALÓN LATERAL**
- P-13a **CURVA PELIGROSA HACIA LA DERECHA**

**Fin de obra:**

- TR-500 **FIN DE PROHIBICIONES**

## 2.8 Plan de Obra

Teniendo en cuenta todos los rendimientos estimados en la memoria constructiva y el momento de la obra a partir del cual podrán comenzar, se ha procedido a confeccionar el siguiente plan de obra en el que se estima que la duración de la obra sea de **56 semanas**:

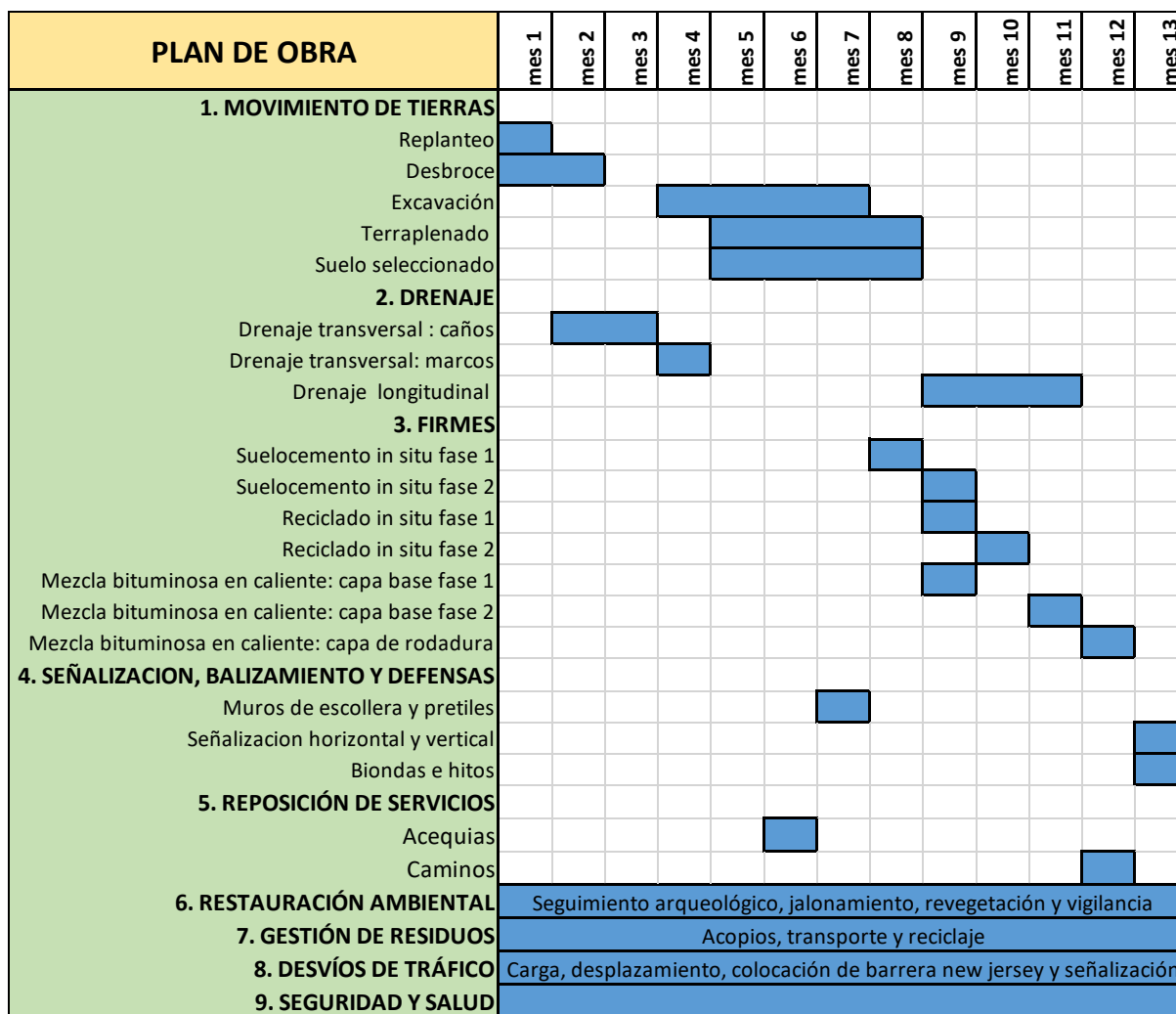


Ilustración 42 Diagrama del plan de obra mes a mes para la A-121.

## 3 ESTUDIO ECONÓMICO

En el presente estudio, se realizará un análisis de todas las partidas de la obra a realizar, así como un estudio particular de aquellas donde intervenga maquinaria con el fin de analizar el precio de las ofertas de los subcontratistas.

### 3.1 Movimiento de tierras

#### 3.1.1 Desbroce

En primer lugar, haré la consideración de que el 50% del material excavado va a vertedero, y el otro 50% restante es vertido en obra. Además, el vertedero estará situado a 3Km de media (siendo conservador).

Estimando un rendimiento de un bulldozer de 2000 m<sup>2</sup>/día para el desbroce y un total de 28417,5 m<sup>2</sup> a desbrozar a un precio de bulldozer de 150€/h el coste total es de 21313€ (teniendo en cuenta jornadas de 10 horas).

$28417,5 \text{ m}^2 / 2000 \frac{\text{m}^2}{\text{día}} \times 1500 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 21313 \text{ €}$  como coste del bulldozer el cual deberá estar trabajando entre 14 y 15 días.

Estimaré un tiempo de carga y descarga para los camiones de 10 minutos teniendo en cuenta todos los parones que se puedan producir y una velocidad media de 30Km/h. Se usarán camiones de 3 ejes con una capacidad de 13 toneladas y se tomará 2t/m<sup>3</sup> como densidad de tierras.

$(3\text{Km} / 30 \text{ Km/h}) \times 2 + 10/60 \text{ h} = 22/60 \text{ horas} = 22 \text{ minutos}$  cada viaje de camión.

$(600 \text{ min/día}) / 22 \text{ min/ciclo} = 27 \text{ viajes diarios}$

$27 \text{ viajes} \times 3 \text{ camiones} \times 13 \text{ Tn} / 2 \text{ Tn /m}^3 = 526.5 \text{ m}^3/\text{día}$ . Un rendimiento un poco por encima de los 500 m<sup>3</sup>/día de la retroexcavadora, que es lo ideal.

Habrà una retroexcavadora cargando a los 3 camiones continuamente. Estimando un coste de la retroexcavadora de 50€/h y para los camiones de 41€/h. Dado que el rendimiento de la retroexcavadora es de unos 500 m<sup>3</sup>/día y que de media se desbrozarán unos 40cm de tierra vegetal el coste será de 11367€ para la retroexcavadora y de 27962 para los 3 camiones. Además, necesitaremos una pala mixta que será suficiente para el extendido del material a un precio de 33€/h lo que hace un total de 7502€.

$28417,5\text{m}^2 \times 0,4\text{m} = 11367 \text{ m}^3$  a cargar.  $11367 \text{ m}^3 / 500 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 23 \text{ días de trabajo}$ .

$11367\text{m}^3 / 500 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 500 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 11367 \text{ €}$  como coste de la retroexcavadora.

$11367\text{m}^3 / 500 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 410 \frac{\text{€}}{\text{día}} \times 3 \text{ camiones} = 27962 \text{ €}$  como coste de los camiones.

$11367\text{m}^3 / 500 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 330 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 7502 \text{ €}$  como coste de la pala mixta.

Coste total = 21313 + 11367 + 27962 + 7502 = 68144 €

**Coste unitario = 68144 € / 28417,5 m<sup>2</sup> = 2,39 €/m<sup>2</sup>**



Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones para la oferta del subcontratista tenemos:

				Coste	Precio unitario
Excavación en tierra vegetal	14.209	m3	1,89 €	26.855,01 €	
Suplemento transporte superior a 1 km TV	42.624	m3/km	0,30 €	12.787,20 €	
Extendido en vertedero	14.209	m3	0,45 €	6.394,05 €	
Desbroce	35.520	m2	0,30 €	10.656,00 €	
Extendido tierra vegetal	14.208	m3	0,45 €	6.393,60 €	
				63.085,86 €	<b>2,22 €</b>

El precio del subcontratista es menor de lo previsto, 2.22€ respecto a 2.39€ el metro cúbico.

### 3.1.2 Excavación en desmonte

Supondremos 2 retroexcavadoras con 3 camiones cada una. De nuevo, estimando rendimientos de 700 m3/día para las retroexcavadoras en el desmonte y costes de 500€/día y 410€/día para los camiones sabiendo que se moverán 26957,9 m3 tendremos un coste de:

$$26957,9 \text{ m}^3 / 1400 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 500 \frac{\text{€}}{\text{día}} \times 2 \text{ retroexcavadoras} = 19255 \text{ € para las retroexcavadoras.}$$

$$26957,9 \text{ m}^3 / 1400 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 410 \frac{\text{€}}{\text{día}} \times 6 \text{ camiones} = 47368 \text{ € para los camiones.}$$

A esto, habrá que añadir un suplemento por excavación en roca el cual estimamos en 7€/m3 y que el volumen de m3 de roca a desmontar es de 1725 m3.

$$\text{Coste total} = 19255 + 47368 + 7\text{€/m}^3 (\text{suplemento de roca}) \times 1725 \text{ m}^3 = 78698 \text{ €}$$

$$\text{Coste unitario} = 78698 \text{ €} / 26967,9 \text{ m}^3 = 2,91 \text{ €/m}^3$$

Según la oferta del subcontratista tendríamos:

				Coste	Precio unitario
Excavación en desmonte con transporte hasta 1 km	26.958	m3	1,89 €	50.950,62 €	
Suplemento transporte superior a 1 km D-T	53.916	m3/km	0,30 €	16.174,80 €	
Excavación en desmonte en roca Suplemento	1.725	m3	5,00 €	8.625,00 €	<b>2,81 €/m3</b>
				75.750,42 €	

La oferta del subcontratista como podemos observar mejora el precio estimado.

### 3.1.3 Terraplén procedente de excavación

Suponiendo que el material a aportar procede de la excavación puesto que hay más metros cúbicos de excavación que de terraplén y que este material ya ha sido aportado mediante los camiones en esta, supondré un equipo de extendido compuesto por motoniveladora y rodillo

compactador. Estimando un rendimiento para la motoniveladora de unos 700 m<sup>3</sup> al día y un coste horario de 59€ para la motoniveladora y de 35€ para el rodillo compactador el coste total será de 32155€ o de 1,35€/m<sup>3</sup>.

$$23943 \text{ m}^3 / 700 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 590 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 20180\text{€ para la motoniveladora.}$$

$$23943 \text{ m}^3 / 700 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 350 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 11975\text{€ para el rodillo compactador.}$$

$$\text{Coste total} = 20180 + 11975 = 32155\text{€}$$

$$\text{Coste unitario} = 32155 \text{ €} / 23943 \text{ m}^3 = 1,35 \text{ €/m}^3$$

Según la oferta del subcontratista tendríamos:

				Coste	Precio unitario
<b>Terraplén.</b>	23.944	m <sup>3</sup>	1,00 €/m <sup>3</sup>	23.944,00 €	
<b>Excavación en préstamo para terraplén y 1 km transporte</b>	7.108	m <sup>3</sup>	1,89 €/m <sup>3</sup>	13.434,12 €	
				37.378,12 €	<b>1,56 €/m<sup>3</sup></b>

La oferta del subcontratista mejora lo estimado ya que nuestro coste para terraplén sería de 1,35€/m<sup>3</sup> mientras que el subcontratista oferta a 1€/m<sup>3</sup>. A esto hay que sumarle el material aportado desde el préstamo (incluyendo transporte) como se ve en la oferta del subcontratista. De manera que nuestro precio unitario final es de 1,56€/m<sup>3</sup>.

### 3.1.4 Suelo seleccionado

Necesitaremos extender 25263 m<sup>3</sup> de suelo seleccionado. Para esta labor supondré 2 retroexcavadoras cargando 3 camiones cada una en el préstamo y un equipo de extendido compuesto por una motoniveladora, rodillo compactador y un camión cuba de agua. Suponiendo un rendimiento de las 2 retroexcavadoras de 500 m<sup>3</sup>/día (cada una) y teniendo en cuenta los costes horarios de 50€/h para la retroexcavadora, 41€/h para cada camión, 59€/h para la motoniveladora y de 35€/h para el rodillo liso tendremos un total de unos 26 días de trabajo.

$$25263\text{m}^3 / 1000 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 500 \frac{\text{€}}{\text{día}} \times 2 \text{ retroexcavadoras} = 25263 \text{ € como coste de las retroexcavadoras.}$$

$$25263\text{m}^3 / 1000 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 410 \frac{\text{€}}{\text{día}} \times 6 \text{ camiones} = 62146 \text{ € como coste de los camiones.}$$

$$25263\text{m}^3 / 1000 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 590 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 14905 \text{ € como coste de la motoniveladora.}$$

$$25263\text{m}^3 / 1000 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 350 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 8842 \text{ € como coste del rodillo liso.}$$

$$\text{Coste total} = 25263 + 62146 + 14905 + 8842 = 111156\text{€}$$

$$\text{Coste unitario} = 111156\text{€} / 25263\text{m}^3 = 4,39\text{€/m}^3.$$

Según la oferta del subcontratista:

				Coste	Precio unitario
<b>Extendido y compactado suelo seleccionado. Incluido carga y transporte hasta 1 km</b>	25.264	m3	3,80 €/m3	96.003,20 €	
<b>Suelo seleccionado</b>	25.264	m3	3,31 €/m3	83.623,84 €	
Incluyendo cribado				<b>179.627,04 €</b>	<b>7,11 €/m3</b>

Como se puede observar, la oferta del subcontratista para el extendido y compactado mejora la previsión económica (3,80 €/m3 frente a 4,39 €/m3). A esto hay que sumar el coste del suelo seleccionado a aportar el cual es de 3,31 €/m3 lo que totaliza un coste de **7,11€/m3**.

Por todo ello, el capítulo 1 tendría un coste de **366200,58 €** ya que en las unidades de menor coste (tala y transporte de árbol y limpieza y reperfilado de cunetas) hemos tomado directamente el coste de la oferta del subcontratista:

		Estudio		
Ud	Resumen	Medición	Coste unitario	Coste total
	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES</b>	<b>1</b>	<b>366.200,58</b>	<b>366.200,58</b>
m <sup>3</sup>	EXCAVACIÓN EN TIERRA VEGETAL	28.417,500	2,22	63.086,85
m <sup>3</sup>	EXCAVACIÓN EN ZONAS DE DESMONTE EN CUALQUIER TERRENO	26.957,900	2,81	75.751,70
m <sup>3</sup>	TERRAPLEN O PEDRAPLÉN PROCEDENTE DE EXCAVACIÓN O DE PRESTAMO	23.943,400	1,56	37.351,70
m <sup>3</sup>	SUELO SELECCIONADO TIPO S4, CBR>=40	25.263,900	7,11	179.626,33
ud	TALA Y TRANSPORTE DE ÁRBOL DE GRAN PORTE	107,000	40	4.280,00
m	LIMPIEZA Y REPERFILADO DE CUNETAS	2.180,000	2,8	6.104,00
	<b>Total 01</b>	<b>1</b>	<b>366.200,58</b>	<b>366.200,58</b>

### 3.2 Drenaje

Para el apartado de drenaje, se han tenido en cuenta las ofertas de los subcontratistas para precios de hormigón de distintas clases, operarios (capataces, peones y oficiales), tuberías prefabricadas y encofrados y de esta manera confeccionar los costes unitarios de las distintas partidas de drenaje como se ve a continuación:

DEMOLICIÓN DE HORMIGÓN EN CUALQUIER TIPO DE ESTRUCTURA				
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,050	h	Oficial 1ª	18,00	0,90
0,050	h	Peón ordinario	14,00	0,70
0,200	h	Retroexcavadora sobre ruedas	49,50	9,90
0,200	h	Martillo demoledor hidraulico	37,87	7,57
0,100	h	Camión con caja basculante 4 x 2 de 12 m³	61,00	6,10
0,250	m³	Canon de vertedero	0,38	0,10
Total				25,27

EXCAV/TTE.CIMIENTO.M/MECA.				
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,02	h	Capataz	22	0,44
0,015	h	Retroexcavadora sobre ruedas	49,5	0,7425
0,150	h	Peón ordinario	14	2,1
0,028	Ud	Camión con caja basculante 4 x 2 de 12 m³	61	1,708
0,200	m³	De agotamiento y entibación ligera para m³ de excavación	2,13	0,426
1,000	h	Formación de vertedero	0,68	0,68
Total				6,1

HM-20 EN SOLERAS				
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,200	h	Capataz	22,00	4,4
0,200	h	Oficial 1ª	18,00	3,6
0,400	h	Peón ordinario	14,00	5,6
0,016	h	Bomba hormig. sob.camión 130 m³/h	131,46	2,10336
0,300	h	Vibrador	13,22	3,966
1,050	m³	Hormigón en Masa HM-20/P/20	57,00	59,85
0,050	Kg	Producto para curado de hormigón	2,20	0,11
Total				79,63

m <sup>3</sup>	HA-25 EN CIMIENTOS			
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,03	h	Capataz	22	0,66
0,300	h	Oficial 1ª	18,00	5,4
0,600	h	Ayudante	14,50	8,7
0,300	h	Vibrador	13,22	3,966
0,015	h	Bomba hormig. sob.camión 130 m³/h	131,46	1,9719
1,050	m3	Hormigón para armar HA-25	60,00	63
0,075	Kg	Producto para curado de hormigón	2,20	0,165
Total				83,86

m <sup>3</sup>	HA-35 EN ALZADOS Y LOSAS			
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,03	h	Capataz	22	0,66
0,300	h	Oficial 1ª	18,00	5,4
0,600	h	Ayudante	14,50	8,7
0,300	h	Vibrador	13,22	3,966
0,015	h	Bomba hormig. sob.camión 130 m³/h	131,46	1,9719
1,050	m3	Hormigón para armar HA-35	65,00	68,25
0,075	Kg	Producto para curado de hormigón	2,20	0,165
Total				89,11

m	TUBERÍA DRENAJE PVC D=110 mm			
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,125	h	Oficial 1ª	18	2,25
0,250	h	Peón ordinario	14	3,5
0,160	m3	De excavacion en zanjas, pozos y cimientos, sin clasificar.	3,03	0,4848
2,000	m2	Fieltro geotextil 125 g/m2	0,89	1,78
1,000	m	Tub.dren.PVC corr.simple SN2 D=110mm	2,1	2,1
0,160	m3	Grava 40/80 mm. a pie de obra	19,25	3,08
Total				13,19



m	REJUNTADO DE FÁBRICA DE MAMPOSTERIA			
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,125	h	Oficial 1ª	18	2,25
0,250	h	Peón ordinario	14	3,5
0,160	m3	Mortero mixto tipo M5	70	11,2
Total				16,95

m	RELLENO DE ZANJAS CON SUELO SELECCIONADO			
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,040	h	Capataz	22,00	0,88
0,080	h	Peón ordinario	14,00	1,12
0,025	h	Pala s/neumát. bast. ríg. 2.1 m³	33,00	0,83
0,040	h	Bandeja vibrante de 140 Kg	11,37	0,45
0,025	h.	Camión cisterna para riego de agua 8.000 l.	80,74	2,02
0,050	m³	Agua	0,64	0,03
1	m³	Suelo seleccionado	3,2	3,20
Total				8,53

m	CAÑO CON TUBO D=80 CM DE HORMIGON ARMADO PREFABRICADO			
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,150	h	Capataz	22,00	3,3
0,300	h	Oficial 1ª	18,00	5,4
0,600	h	Peón especialista	14,50	8,7
0,200	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	8,2
0,300	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor eléctrico	1,70	0,51
1,000	m.	Tubo hormigón armado D=80 cm	63,20	63,2
1,339	m³	Hormigón en Masa HM-20/P/20	57,00	76,323
Total				165,63

CAÑO CON TUBO D=100 CM DE HORMIGON ARMADO PREFABRICADO				
m				
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,150	h	Capataz	22,00	3,3
0,300	h	Oficial 1ª	18,00	5,4
0,600	h	Peón especialista	14,50	8,7
0,225	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	9,225
0,300	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor eléctrico	1,70	0,51
1,000	m.	Tubo hormigón armado D=100 cm	92,35	92,35
1,759	m³	Hormigón en Masa HM-20/P/20	57,00	100,263
Total				219,75

CAÑO CON TUBO D=120 CM DE HORMIGON ARMADO PREFABRICADO				
m				
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,188	h	Capataz	22,00	4,136
0,375	h	Oficial 1ª	18,00	6,75
0,750	h	Peón especialista	14,50	10,875
0,250	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	10,25
0,375	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor eléctrico	1,70	0,6375
1,000	m.	Tubo hormigón armado D=120 cm	128,80	128,8
2,553	m³	Hormigón en Masa HM-20/P/20	57,00	145,521
Total				306,97

CAÑO CON TUBO D=60 CM DE HORMIGON ARMADO PREFABRICADO				
m				
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,125	h	Capataz	22,00	2,75
0,250	h	Oficial 1ª	18,00	4,5
0,500	h	Peón especialista	14,50	7,25
0,100	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	4,1
0,125	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor eléctrico	1,70	0,2125
1,000	m.	Tubo hormigón armado D=60 cm	34,75	34,75
0,633	m³	Hormigón en Masa HM-20/P/20	57,00	36,081
Total				89,64

m	CAÑO DOBLE FORMADO POR DOS TUBOS DE D=80 CM DE H. ARMADO PREF.			
<u>Cantidad</u>	<u>UM</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Importe</u>
0,225	h	Capataz	22,00	4,95
0,450	h	Oficial 1ª	18,00	8,1
0,900	h	Peón especialista	14,50	13,05
0,400	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	16,4
0,450	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor eléctrico	1,70	0,765
2,000	m.	Tubo hormigón armado D=80 cm	63,20	126,4
1,979	m³	Hormigón en Masa HM-20/P/20	57,00	112,803
Total				282,47

m	CAÑO TRIPLE FORMADO POR TRES TUBOS DE D=80 CM DE H. ARMADO PREF.			
<u>Cantidad</u>	<u>UM</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Importe</u>
0,315	h	Capataz	22,00	6,93
0,630	h	Oficial 1ª	18,00	11,34
1,260	h	Peón especialista	14,50	18,27
0,600	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	24,6
0,630	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor eléctrico	1,70	1,071
3,000	m.	Tubo hormigón armado D=80 cm	63,20	189,6
2,833	m³	Hormigón en Masa HM-20/P/20	57,00	161,481
Total				413,29

m	BOQUILLA CAÑO DE HORMIGÓN ARMADO D= 80 CM.			
<u>Cantidad</u>	<u>UM</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Importe</u>
0,025	h	Capataz	22,00	0,55
0,082	h	Oficial 1ª	18,00	1,476
0,082	h	Peón especialista	14,50	1,189
0,500	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	20,5
0,150	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor eléctrico	1,70	0,255
1,000	ud	Embocadura pref. H.A. D=80, completa	360,00	360
1,174	m³	Hormigón en Masa HM-20/P/20	57,00	66,918
Total				450,89

m	BOQUILLA CAÑO DE HORMIGÓN ARMADO D= 100 CM.			
<u>Cantidad</u>	<u>UM</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Importe</u>
0,025	h	Capataz	22,00	0,55
0,082	h	Oficial 1ª	18,00	1,476
0,082	h	Peón especialista	14,50	1,189
0,500	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	20,5
0,150	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor eléctrico	1,70	0,255
1,000	ud	Embocadura pref. H.A. D=80, completa	450,00	450
1,174	m³	Hormigón en Masa HM-20/P/20	57,00	66,918
Total				540,89

m	BOQUILLA CAÑO DE HORMIGÓN ARMADO D= 120 CM.			
<u>Cantidad</u>	<u>UM</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Importe</u>
0,025	h	Capataz	22,00	0,55
0,082	h	Oficial 1ª	18,00	1,476
0,082	h	Peón especialista	14,50	1,189
0,500	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	20,5
0,150	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor eléctrico	1,70	0,255
1,000	ud	Embocadura pref. H.A. D=80, completa	580,00	580
1,542	m³	Hormigón en Masa HM-20/P/20	57,00	87,894
Total				691,86

m	BOQUILLA PARA TRIPLE CAÑO DE HORMIGÓN ARMADO D=80 CM			
<u>Cantidad</u>	<u>UM</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Importe</u>
0,175	h	Capataz	22,00	3,85
0,350	h	Oficial 1ª	18,00	6,3
0,700	h	Peón especialista	14,50	10,15
1,000	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	41
0,350	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor eléctrico	1,70	0,595
1,000	ud	Embocadura pref. H.A. D=80, completa	480,00	480
1,565	m³	Hormigón en Masa HM-20/P/20	57,00	89,205
Total				631,1

m	POZO PARA CAÑO D= 80 CM			
<u>Cantidad</u>	<u>UM</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Importe</u>
0,050	h	Capataz	22,00	1,1
3,000	h	Oficial 1ª	18,00	54
6,000	h	Peón ordinario	14,00	84
1,000	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	41
1,000	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor	1,70	1,7
2,820	m3	Hormigón para armar HA-25	60,00	169,2
15,400	m2	Tabla machiembrada (5 usos)	10,56	162,624
0,400	m3	Madera escuadrada	90,36	36,144
<b>Total</b>				<b>549,77</b>

m	POZO PARA CAÑO D= 100 CM			
<u>Cantidad</u>	<u>UM</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Importe</u>
0,050	h	Capataz	22,00	1,1
3,500	h	Oficial 1ª	18,00	63
7,000	h	Peón ordinario	14,00	98
1,100	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	45,1
1,100	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor	1,70	1,87
3,160	m3	Hormigón para armar HA-25	60,00	189,6
16,200	m2	Tabla machiembrada (5 usos)	10,56	171,072
0,450	m3	Madera escuadrada	90,36	40,662
<b>Total</b>				<b>610,4</b>

m	POZO PARA DOBLE CAÑO D= 80 CM			
<u>Cantidad</u>	<u>UM</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Importe</u>
3,750	h	Oficial 1ª	18,00	67,5
7,500	h	Peón ordinario	14,00	105
1,350	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	55,35
1,350	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor	1,70	2,295
3,780	m3	Hormigón para armar HA-25	60,00	226,8
21,900	m2	Tabla machiembrada (5 usos)	10,56	231,264
0,525	m3	Madera escuadrada	90,36	47,439
<b>Total</b>				<b>735,65</b>



m	POZO PARA TRIPLE CAÑO D= 100 CM			
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,100	h	Capataz	22,00	2,2
6,000	h	Oficial 1ª	18,00	108
12,000	h	Peón ordinario	14,00	168
2,000	h.	Camión con caja fija y grúa auxiliar de 6 t	41,00	82
2,000	h.	Vibrador de 36 mm de diámetro c/ convertidor	1,70	3,4
5,640	m3	Hormigón para armar HA-25	60,00	338,4
30,800	m2	Tabla machiembrada (5 usos)	10,56	325,248
0,800	m3	Madera escuadrada	90,36	72,288
Total				1099,54

m	CUNETA DE HORMIGON TRIANGULAR (2-1,2-1) h=0.3 m			
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
0,016	h	Capataz	22	0,352
0,040	h	Oficial 1ª	18	0,72
0,070	h	Peón ordinario	14	0,98
0,016	h	Extendedora para bordillos, barreras y cunetas	191,69	3,06704
0,109	m³	Hormigón en Masa HM-20/P/20	57	6,213
0,515	m³	De excavación en zanjas, pozos y cimientos, sin clasificar.	3,03	1,56045
Total				12,89

Teniendo en cuenta los costes unitarios que acabamos de justificar, el capítulo 2 de drenaje tendría un coste total de **128259,42€** como podemos ver a continuación:

		Estudio		
ud	Resumen	Medición	Coste unitario	Coste total
	DRENAJE	1	128.259,42	128.259,42
	MARCOS	1,000	24.340,36	24.340,36
m3	DEMOLICIÓN DE HORMIGÓN EN CUALQUIER TIPO DE ESTRUCTURA	41,969	25,27	1.060,56
m3	EXCAV/TTE.CIMIENTO.M/MECA.	185,669	6,1	1.132,58
m2	ENCOFRADO EN PARAMENTOS OCULTOS	148,422	17,8	2.641,91
m2	ENCOFRADO EN PARAMENTOS VISTOS	132,185	23	3.040,26
kg	ACERO PARA ARMAR B 500 S	5.436,120	0,9	4.892,51

m3	HM-20 EN SOLERAS	7,654	79,63	609,49
m3	HA-25 EN CIMIENTOS	17,468	83,86	1.464,87
m3	HA-35 EN ALZADOS Y LOSAS	62,348	89,11	5.555,83
m2	IMPERMEABILIZANTE DE TRASDÓS DE CAJONES Y MUROS	142,524	5,59	796,71
m	TUBERÍA DRENAJE PVC D=110 mm	57,980	13,19	764,76
m3	RELLENO DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO	57,723	8,53	492,38
m3	ESCOLLERA ENTRE 1.000 Y 1.500 KG.	30,000	62,95	1.888,50
	<b>Total 02.01</b>	<b>1,000</b>	<b>24.340,36</b>	<b>24.340,36</b>
	<b>ESTRUCTURAS Y PONTONES</b>	<b>1,000</b>	<b>9.247,45</b>	<b>9.247,45</b>
m3	EXCAV/TTE.CIMIENTO.M/MECA.	83,000	5,87	487,21
m3	ESCOLLERA ENTRE 1.000 Y 1.500 KG.	181,228	46	8.336,49
m2	REJUNTADO FÁBRICA MAMPOSTERÍA/LADRILLO	25,000	16,95	423,75
	<b>Total 02.02</b>	<b>1,000</b>	<b>9.247,45</b>	<b>9.247,45</b>
	<b>CAÑOS</b>	<b>1,000</b>	<b>45.855,26</b>	<b>45.855,26</b>
m	CAÑO CON TUBO D=60 CM DE HORMIGON ARMADO PREFABRICADO	7,000	89,64	627,48
m	CAÑO CON TUBO D=80 CM DE HORMIGON ARMADO PREFABRICADO	59,500	165,63	9.854,99
m	CAÑO CON TUBO D=100 CM DE HORMIGON ARMADO PREFABRICADO	34,000	219,75	7.471,50
m	CAÑO CON TUBO D=120 CM DE HORMIGON ARMADO PREFABRICADO	4,000	306,97	1.227,88
m	CAÑO DOBLE FORMADO POR DOS TUBOS DE D=80 CM DE H. ARMADO PREF.	4,000	282,47	1.129,88
m	CAÑO TRIPLE FORMADO POR TRES TUBOS DE D=80 CM DE H. ARMADO PREF.	9,000	413,29	3.719,61
ud	BOQUILLA CAÑO DE HORMIGÓN ARMADO D= 80 CM.	11,000	450,89	4.959,79
ud	BOQUILLA CAÑO DE HORMIGÓN ARMADO D= 100 CM.	2,000	540,89	1.081,78
ud	BOQUILLA CAÑO DE HORMIGÓN ARMADO D= 120 CM.	1,000	691,89	691,89
ud	BOQUILLA PARA TRIPLE CAÑO DE HORMIGÓN ARMADO D=80 CM	1,000	631,1	631,10
ud	POZO PARA CAÑO D= 80 CM	5,000	549,77	2.748,85
ud	POZO PARA CAÑO D= 100 CM	6,000	610,4	3.662,40
ud	POZO PARA DOBLE CAÑO D= 80 CM	1,000	735,65	735,65
ud	POZO PARA TRIPLE CAÑO D= 80 CM	1,000	1099,54	1.099,54
ud	ESCOLLERA ENTRE 1.000 Y 1.500 KG.	112,000	46	5.152,00
m3	RELLENO DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO	28,000	8,54	239,12
m3	EXCAV/TTE.CIMIENTO.M/MECA.	140,000	5,87	821,80
	<b>Total 02.03</b>	<b>1,000</b>	<b>45.855,26</b>	<b>45.855,26</b>
	<b>CUNETAS REVESTIDAS</b>	<b>1,000</b>	<b>48.816,35</b>	<b>48.816,35</b>
m	CUNETA DE HORMIGON TRIANGULAR (2-1,2-1) h=0.3 m	3.190,000	12,89	41.119,10
m3	HM-20 EN SOLERAS	75,000	79,63	5.972,25
m2	ENCOFRADO EN PARAMENTOS VISTOS	75,000	23	1.725,00
	<b>Total 02.04</b>	<b>1,000</b>	<b>48.816,35</b>	<b>48.816,35</b>
	<b>Total 02</b>	<b>1</b>	<b>128.259,42</b>	<b>128.259,42</b>

### 3.3 Firmes

#### 3.3.1 Suelocemento in situ

El equipo estará compuesto por la T-1000, 1 cuba de agua, 1 motoniveladora, un rodillo vibratorio compactador y 1 máquina para juntas transversales.

Teniendo en cuenta un coste de 530€/h de la máquina y un rendimiento de 700 metros lineales diarios (que se traducen a m<sup>3</sup> teniendo en cuenta los 35 cm de espesor y los 3,5 de anchura del carril) obtenemos un coste total de 75714€.

Debido a que el rendimiento de 700 metros lineales diarios son unos 850m<sup>3</sup> al día, necesitaré una retroexcavadora con mayor capacidad (y por lo tanto mayor coste = 850€/día).

Teniendo en cuenta una velocidad media para los camiones de 30Km/h, una distancia media a vertedero de 3 Km y unos tiempos de cargar + descarga + maniobras = 10 minutos tenemos:

$$(3\text{Km} / 30 \text{ Km/h}) \times 2 + 10/60 \text{ h} = 22/60 \text{ horas} = 22 \text{ minutos cada viaje de camión.}$$

$$(600 \text{ min/día}) / 22 \text{ min/ciclo} = 27 \text{ viajes diarios}$$

$$27 \text{ viajes} \times 5 \text{ camiones} \times 13 \text{ Tn} / 2 \text{ Tn /m}^3 = 877.5 \text{ m}^3/\text{día}$$

Luego con 5 camiones tenemos un rendimiento un poco superior al de la retroexcavadora (850m<sup>3</sup>/día) que es lo ideal.

A esto habrá que sumar la motoniveladora y las máquinas de juntas y rodillo liso además de una cuba de agua. Teniendo en cuenta un coste de 59€/h para la motoniveladora, de 60€/h para rodillo + juntas y de 25€/h para la cuba de agua esto supone un coste total de:

$$10000 \text{ m} / 700\text{m} \times 5300 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 75714 \text{ € como coste para la recicladora.}$$

$$10000\text{m} / 700\text{m} \times 850 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 12142 \text{ como coste de la retroexcavadora.}$$

$$10000\text{m} / 700\text{m} \times 410 \frac{\text{€}}{\text{día}} \times 5 \text{ camiones} = 29285\text{€ como coste de los camiones.}$$

$$10000\text{m} / 700\text{m} \times 590 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 8428\text{€ como coste de la motoniveladora.}$$

$$10000\text{m} / 700\text{m} \times 600 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 8571\text{€ como coste del rodillo liso + juntas transversales.}$$

$$10000\text{m} / 700\text{m} \times 250 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 3571\text{€ como coste de la cuba de agua para humectación.}$$

$$\text{Coste total} = 75714 + 12142 + 29285 + 8428 + 8571 + 3571 = 137711 \text{ €}$$

$$\text{Coste unitario} = 137711 \text{ €} / (0,35 \times 10000 \times 3,5) = 11,24 \text{ €/m}^3$$

Según la oferta del subcontratista:

	Medición	Precio unitario
<b>Suelocemento in situ</b>	17.497,500	
Suelo cemento in-situ 3% Cem		4,15 €/m3
Seleccionado Material		3,72 €/m3
Seleccionado transporte y extendido		3,29 €/m3
Cuba de agua apoyo (2 meses)	12600	1,44 €/m3
	total	<b>12,6 €/m3</b>

Comparando la oferta del subcontratista con nuestro análisis, tenemos un coste unitario de 11,24 €/m3 sin incluir el material frente a 4,15 + 3,29 + 1,44 = 8,88 €/m3. Luego la oferta del subcontratista mejora nuestra previsión. A esto habrá que añadir el coste del suelo seleccionado de 3,72 €/m3 lo que hace un total de **12,6 €/m3**.

### 3.3.2 Reciclado de firme in situ

Para el reciclado tendré de nuevo el mismo equipo al que habrá que restarle el aporte de material procedente de las retroexcavadoras (en este caso se aprovecha el material fresado). Tener en cuenta que, en este caso, en vez de 700 metros el rendimiento es de la mitad (dos carriles ficticios). En este caso, el coste de la recicladora será mayor (590€/h) puesto que se necesita más personal y mano de obra (cambio de picas en el fresado ... etc.).

$$10000 \text{ m} / 350 \text{ m} \times 5900 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 168571 \text{ €}.$$

$$10000 \text{ m} / 350 \text{ m} \times 590 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 16857 \text{ €} \text{ como coste de la motoniveladora.}$$

$$10000 \text{ m} / 350 \text{ m} \times 600 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 17142 \text{ €} \text{ como coste del rodillo liso + juntas transversales.}$$

$$10000 \text{ m} / 350 \text{ m} \times 250 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 7142 \text{ €} \text{ como coste de la cuba de agua para humectación.}$$

$$\text{Coste total} = 168571 + 16857 + 17142 + 7142 = 209712 \text{ €}$$

$$\text{Coste unitario} = 209712 \text{ €} / (0,35 \times 10000 \times 7) = 8,55 \text{ €/m3}$$

Según la oferta del subcontratista tenemos:

	Medición	Precio unitario
<b>Reciclado con cemento</b>	29.199,000	
Reciclado 3% Cemento		6,5 €/m3
Cuba de agua apoyo (2 meses)	25200	1,73 €/m3
	total	<b>8,23 €/m3</b>

Luego comparando nuestra previsión de coste con la oferta del subcontratista, esta última es mejor. Por lo tanto, nuestro coste será de **8,23 €/m3** para el reciclado in situ.

Por todo ello, el capítulo de firmes tendría un coste de **2455255,35 €** ya que en las unidades de menor coste y en los costes para la mezcla bituminosa en caliente y el betún hemos tomado directamente el coste de la oferta del subcontratista:

Ud	Resumen	Estudio		
		Medición	Coste unitario	Coste total
	<b>AFIRMADO</b>	<b>1</b>	<b>2.455.255,35</b>	<b>2.455.255,35</b>
m <sup>2</sup> cm	FRESADO DE PAVIMENTO INCLUSO BARRIDO	15.680,000	0,48	7.526,40
m <sup>3</sup>	SUELOCEMENTO "IN SITU"	17.497,500	12,6	220.468,50
m <sup>3</sup>	RECICLADO IN SITU CON CEMENTO DE CAPAS DE FIRME	29.199,000	8,23	240.307,77
t	CEMENTO TIPO CEM IV/B/32,5N SR PARA CAPAS TRATADAS CON CEMENTO	3.595,631	82	294.841,74
t	EMULSIÓN ASFÁLTICA C60B3 TER (ECR-1) R. DE ADHERENCIA O CURADO	182,431	400	72.972,40
t	ÁRIDO DE COBERTURA EMPLEADO EN RIEGOS	806,132	40	32.245,28
t	MBC TIPO AC22 bin S INCLUSO FILLER	19.132,800	25,39	485.781,79
t	MBC TIPO AC22 surf S INCLUSO FILLER	14.644,630	25,15	368.312,44
t	BETÚN B 50/70 PARA MBC	1.631,474	427,06	696.737,29
m <sup>3</sup>	SUELO SELECCIONADO TIPO S3, CBR>=20	1.980,970	7,11	14.084,70
m <sup>3</sup>	BASE ZAHORRA ARTIFICIAL	100,000	21	2.100,00
m <sup>2</sup> cm	FRESADO DE PAVIMENTO INCLUSO BARRIDO	414,490	47,95	19.877,04
	<b>Total 03</b>	<b>1</b>	<b>2.455.255,35</b>	<b>2.455.255,35</b>

### 3.4 Señalización, balizamiento y defensas

Para los costes de este capítulo se ha realizado un comparativo de costes a partir de precios de distintos subcontratistas de manera que nos hemos quedado con el mejor precio que ofertaba cada subcontratista. Algunos costes tales como el de encofrados, hormigón y rellenos han sido previamente justificados en el capítulo de drenaje.

Ud	Resumen	Estudio		
		Medición	Coste unitario	Coste total
	<b>SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS</b>	<b>1</b>	<b>210.596</b>	<b>210.596</b>
	<b>SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL</b>	<b>1,000</b>	<b>11.614,510</b>	<b>11.614,510</b>
m	MARCA VIAL REFL. ACRILICA ACUOSA A=10 cm	8.234,760	0,38	3.129,21
m	MARCA VIAL REFL. ACRILICA ACUOSA A=15 cm	20.000,000	0,41	8.200,00
m <sup>2</sup>	MARCA VIAL REFL. ACRILICA ACUOSA en SIMBOLOS Y CEBREADOS	63,400	4,5	285,30
	<b>Total 04.01</b>	<b>1,000</b>	<b>11.614,51</b>	<b>11.614,51</b>
	<b>SEÑALIZACIÓN VERTICAL</b>	<b>1,000</b>	<b>14.763,630</b>	<b>14.763,630</b>
	<b>NUEVA SEÑALIZACION VERTICAL A COLOCAR EN OBRA</b>	<b>1,000</b>	<b>14.763,630</b>	<b>14.763,630</b>
ud	SEÑAL TRIANGULAR L=1350 mm CLASE RA2	10,000	161,5	1.615,00
ud	SEÑAL CIRCULAR DE D=900 mm CLASE RA2	30,000	147,9	4.437,00
ud	SEÑAL OCTOGONAL a=600 mm CLASE RA2	31,000	92,2	2.858,20
ud	PANEL DIRECCIONAL DE 160x40 cm. CLASE RA2	14,000	141	1.974,00
ud	CARTEL COMPLEMENTARIO DE 800X300 MM. CLASE RA2.	4,000	60	240,00
m <sup>2</sup>	PANEL ACERO GALVANIZADO CARTELES. CLASE RA2.	10,535	265,41	2.796,09
ud	RETIRADA DE SEÑALIZACIÓN	61,000	12,9	786,90
m <sup>2</sup>	RETIRADA DE PANEL DE ACERO GALVANIZADO	4,375	12,9	56,44



	<b>Total 04.02.01</b>	<b>1,000</b>	<b>14.763,63</b>	<b>14.763,63</b>
	<b>Total 04.02</b>	<b>1,000</b>	<b>14.763,63</b>	<b>14.763,63</b>
	<b>BALIZAMIENTO</b>	<b>1,000</b>	<b>13.943,52</b>	<b>13.943,52</b>
	<b>NUEVO BALIZAMIENTO COLOCADO EN OBRA</b>	<b>1,000</b>	<b>11.415,19</b>	<b>11.415,19</b>
ud	HITO DE ARISTA	615,000	14,702	9.041,73
ud	HITO KILOMÉTRICO DE 40X40 cm. CLASE RA2.	18,000	78,2	1.407,60
ud	HITO MIRIAMÉTRICO GA. CLASE RA2.	2,000	482,93	965,86
	<b>Total 04.03.01</b>	<b>1,000</b>	<b>11.415,19</b>	<b>11.415,19</b>
	<b>NUEVO BALIZAMIENTO A COLOCAR MANTENIENDO SUSTENTACIÓN</b>	<b>1,000</b>	<b>2.528,33</b>	<b>2.528,33</b>
ud	HITO DE ARISTA	85,000	14,702	1.249,67
ud	HITO KILOMÉTRICO DE 40X40 cm. CLASE RA2.	4,000	78,2	312,80
ud	HITO MIRIAMÉTRICO GA. CLASE RA2.	2,000	482,93	965,86
	<b>Total 04.03.02</b>	<b>1,000</b>	<b>2.528,33</b>	<b>2.528,33</b>
	<b>Total 04.03</b>	<b>1,000</b>	<b>13.943,52</b>	<b>13.943,52</b>
	<b>DEFENSAS</b>	<b>1,000</b>	<b>170.273,85</b>	<b>170.273,85</b>
	<b>BARRERAS DE SEGURIDAD METÁLICAS</b>	<b>1,000</b>	<b>158.301,40</b>	<b>158.301,40</b>
m	DESMONTAJE DE BARRERA DE SEGURIDAD EXISTENTE	3.344,000	6	20.064,00
m	BARRERA DE SEGURIDAD SUPERPUESTA BMSNC2/T, (H1, W5, A)	400,000	52	20.800,00
m	BARRERA DE SEGURIDAD BMSNA4/T, (N2, W6, A)	4.152,000	25,65	106.498,80
m	PROTECCION MOTORISTAS BMSNA4TUB/120g (N2-L2,W4, B I)	708,000	15,45	10.938,60
	<b>Total 04.04.01</b>	<b>1,000</b>	<b>158.301,40</b>	<b>158.301,40</b>
	<b>PRETILES</b>	<b>1,000</b>	<b>11.972,45</b>	<b>11.972,45</b>
m³	DEMOLICIÓN DE HORMIGÓN EN CUALQUIER TIPO DE ESTRUCTURA	5,400	48,948	264,32
m³	EXCAV/TTE.CIMIENTO.M/MECA.	33,652	6,92	232,87
m²	ENCOFRADO EN PARAMENTOS OCULTOS	25,071	17,8	446,26
m²	ENCOFRADO EN PARAMENTOS VISTOS	15,575	23	358,23
kg	ACERO PARA ARMAR B 500 S	2.332,156	0,9	2.098,94
m³	HM-20 EN SOLERAS	3,129	79,63	249,16
m3	HA-35 EN ALZADOS Y LOSAS	14,384	89,11	1.281,76
m²	IMPERMEABILIZANTE DE TRASDÓS DE CAJONES Y MUROS	31,100	5,59	173,85
m	TUBERÍA DRENAJE PVC D=110 mm	46,600	13,98	651,47
m³	RELLENO DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO	7,456	8,53	63,60
m	PRETIL TIPO PMH-13, (H2, W5, B)	46,600	132,017	6.151,99
	<b>Total 04.04.02</b>	<b>1,000</b>	<b>11.972,45</b>	<b>11.972,45</b>
	<b>Total 04.04</b>	<b>1,000</b>	<b>170.273,85</b>	<b>170.273,85</b>
	<b>Total 04</b>	<b>1</b>	<b>210.595,51</b>	<b>210.595,51</b>

Por lo tanto, nuestro coste total para el capítulo de Señalización, Balizamiento y Defensas es de **210595,51 €**.

### 3.5 Reposición de servicios

En este apartado, se repiten varios costes desarrollados en el apartado de drenaje (HM-20 en soleras, excavación mediante medios mecánicos, relleno de zanjas con suelo seleccionado...). Debido a esto y, para no entrar en reiteraciones, no se analizarán en este apartado aquellos costes ya justificados.

Según las ofertas de subcontratistas tenemos:

	Cantidad	Ud	Coste	Total	Coste Unitario
Excavación en desmonte con transporte hasta 1 km	1.025	m3	1,89 €	1.937,25 €	
Suplemento transporte superior a 1 km D-T	2.050	m3/km	0,30 €	615,00 €	
Excavación en desmonte en roca Suplemento	0	m3	5,00 €	0,00 €	
				2.552,25 €	<b>2,49 €/m3</b>

	Cantidad	Ud	Coste	Total	Coste Unitario
Terraplen.	1.800	m3	1,00 €	1.800,00 €	
Excavación en préstamo para terraplén y 1 km transporte	1.800	m3	1,89 €	3.402,00 €	
				5.202,00 €	<b>2,89 €/m3</b>

	Cantidad	Ud	Coste	Total	Coste Unitario
Excavación en desmonte con transporte hasta 1 km	353	m3	1,89 €	667,17 €	
Suplemento transporte superior a 1 km D-T	706	m3/km	0,30 €	211,80 €	
Excavación en desmonte en roca Suplemento	353	m3	5,00 €	1.765,00 €	
				2643,97	<b>7,49 €/m3</b>

Boquilla de paso salvacunetas	Coste unitario
Personal Media 3 al día	160,00
Camión grúa 1 día cada 6 boquillas	71,67
Hormigón	57,60
Material encofrado	45,45
Otros (Retro y mat varios)	35,15
<b>Total</b>	<b>369,87€/ud</b>

Paso de salvacunetas	Coste unitario
Personal Media 28m al día equipo de 4 personas	22,86
Camión grúa 1 día cada 28 m	15,36
Hormigón	91,20
Tubo	14,40
<b>Total</b>	<b>143,82€/ud</b>

m	ARQUETA 80X80			
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe
3,872	m3	Excavación	2,81	10,88032
0,960	h	Encofrado visto	23,00	22,08
6,893	h	Encofrado oculto	14,50	99,9485
0,826	h.	Hormigón en Masa HM-20/P/20	57,00	47,082
1,560	h.	Relleno de zanjás con suelo seleccionado	8,54	13,3224
<b>Total</b>				<b>193,31€/ud</b>

### 3.5.1 Árido artificial silíceo

Será vertido mediante una gravilladora la cual tendrá que desplazarse para cargar y descargar. Estimando que el tiempo de carga + descarga es de unos 5 minutos y que el lugar de acopio de la gravilla estará a unos 2km de distancia de media (40Km/h de velocidad media) el tiempo de cada viaje será de unos 11 minutos. Estimando una capacidad del camión de unas 22 toneladas el coste total será:

$$124 \text{ Tn} / 22 \text{ Tn(Camión)} = 5,63 \cong 6 \text{ viajes de camión.}$$

$$6 \text{ viajes} \times \left( \frac{2 \text{ Km}}{40 \text{ Km/h}} \times 2 + \frac{5 \text{ min}}{60 \text{ min/h}} \right) = 1,2 \text{ horas. De manera que con 1,5 horas de camión será suficiente.}$$

$$1,5 \text{ h} \times 61 \text{ €/h} = 91,5 \text{ € para el camión}$$

$$\text{Coste total} = 5 \text{ €/t} \times 124 \text{ Tn} + 91,5 \text{ €} = 711,5 \text{ €}$$

$$\text{Coste unitario} = 711,5 / 124 = 5,73 \text{ €/Tn.}$$

Por lo tanto, teniendo en cuenta los costes justificados y que para el precio de las emulsiones se ha obtenido la mejor oferta del subcontratista a partir de un comparativo de precios, se estima que el coste total del capítulo de reposición de servicios sería de **103477,97 €**.

		Estudio		
Ud	Resumen	Medición	Coste unitario	Coste total
	<b>REPOSICIÓN DE SERVICIOS</b>	<b>1</b>	<b>103.477,97</b>	<b>103.477,97</b>
	<b>REPOSICIONES ACEQUIAS EN TIERRAS</b>	<b>1,000</b>	<b>12.627,56</b>	<b>12.627,56</b>
m <sup>3</sup>	EXCAV/TTE.CIMIENTO.M/MECA.	353,050	7,49	2.644,34
m <sup>3</sup>	RELLENO DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO	846,400	8,54	7.228,26
m <sup>2</sup>	ENCOFRADO DE CUALQUIER SUPERFICIE A CARA VISTA	84,000	18	1.512,00
m <sup>3</sup>	HM-20 EN SOLERAS	8,320	79,63	662,52
ud	TAJADERA COÑEXIÓN ENTRE ACEQUIAS	2,000	290,22	580,44
	<b>Total 05.02</b>	<b>1,000</b>	<b>12.627,56</b>	<b>12.627,56</b>
	<b>REPOSICIONES ACEQUIAS ENTUBADAS</b>	<b>1,000</b>	<b>1.632,63</b>	<b>1.632,63</b>
m	CAÑO CON TUBO D=60 CM DE HORMIGON ARMADO PREFABRICADO	15,000	95,02	1.425,30
ud	ARQUETA DE HORMIGÓN DE 0,8X0,8 M DE 0,2 M DE ESPESOR.	1,000	207,33	207,33
	<b>Total 05.03</b>	<b>1,000</b>	<b>1.632,63</b>	<b>1.632,63</b>
	<b>REPOSICIONES DE CAMINOS Y ACCESOS</b>	<b>1,000</b>	<b>89.217,78</b>	<b>89.217,78</b>
m <sup>3</sup>	DEMOLICIÓN DE HORMIGÓN EN CUALQUIER TIPO DE ESTRUCTURA	148,424	48,948	7.265,06
m	PASO SALVACUNETAS CON TUBO DE HORMIGÓN Ø 60 i/rev. horm.	142,000	143,82	20.422,44
ud	BOQUILLA DE PASO SALVA CUNETAS DE 60 CM DE DIÁMETRO	44,000	369,87	16.274,28
m <sup>3</sup>	EXCAVACIÓN EN ZONAS DE DESMONTE EN CUALQUIER TERRENO	1.024,700	2,49	2.551,50
m <sup>3</sup>	TERRAPLEN O PEDRAPLÉN PROCEDENTE DE EXCAVACIÓN O DE PRESTAMO	1.799,700	2,89	5.201,13
m <sup>3</sup>	SUELO SELECCIONADO TIPO S3, CBR>=20	657,600	7,11	4.675,54
m3	BASE ZAHORRA ARTIFICIAL	1.110,400	21	23.318,40
t	EMULSIÓN C50BF4 IMP (ECI) EN RIEGO DE IMPRIMACIÓN	5,788	400	2.315,20
t	EMULSIÓN C65B4 TRG (ECR-2) EN TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	16,208	400	6.483,20
t	ÁRIDO ARTIFICIAL SILICIO EN TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	123,872	5,74	711,03
	<b>Total 05.04</b>	<b>1,000</b>	<b>89.217,78</b>	<b>89.217,78</b>
	<b>Total 05</b>	<b>1</b>	<b>103.477,97</b>	<b>103.477,97</b>

### 3.6 Restauración ambiental

Previsión para la demolición de pavimento:

Demolición de pavimento	Ud	Rend.	Precio unitario	Precio partida
Martillo neumático.	h	0,121	4,12	0,49852
Compresor portátil diésel media presión 10 m <sup>3</sup> /min.	h	0,061	6,98	0,42578
Oficial 1ª construcción de obra civil.	h	0,044	18	0,792
Ayudante construcción de obra civil.	h	0,107	14,5	1,5515
Medios auxiliares	%	0,02	3,42	0,0684
<b>Total</b>			<b>3,34</b>	

Teniendo en cuenta que el resto de los precios ya han sido justificados en apartados anteriores y que para la vigilancia ambiental y el seguimiento arqueológico estimamos los mismos costes que en proyecto, tendríamos un coste total para el capítulo de restauración ambiental de **18799,5 €**.

Ud	Resumen	Estudio		
		Medición	Coste unitario	Coste total
	<b>RESTAURACIÓN AMBIENTAL</b>	<b>1</b>	<b>18.799,50</b>	<b>18.799,50</b>
m <sup>2</sup>	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO DE MBC HASTA 25 CM. DE ESPESOR.	150,000	3,34	501,00
m <sup>2</sup>	REVEGETACIÓN SUPERFICIES LLANAS	150,000	1,99	298,50
m <sup>2</sup>	EXTENDIDO DE TIERRA VEGETAL	5.000,000	0,93	4.650,00
m	JALONAMIENTO PROTECTOR DURANTE LAS OBRAS	5.000,000	0,72	3.600,00
m <sup>2</sup>	HIDROSIEMBRA TALUD	5.000,000	0,75	3.750,00
ud	VIGILANCIA AMBIENTAL	0,500	6.000,00	3.000,00
ud	SEGUIMIENTO ARQUEOLÓGICO	0,500	6.000,00	3.000,00
	<b>Total 06</b>	<b>1</b>	<b>18.799,50</b>	<b>18.799,50</b>

### 3.7 Tratamiento de residuos

Para el capítulo de gestión de residuos estimamos lo mismo que en proyecto, es decir un total de **30544,51€**.

Ud	Resumen	Estudio		
		Medición	Coste unitario	Coste total
	<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	<b>1</b>	<b>30.544,51</b>	<b>30.544,51</b>
t	TRATAMIENTO RESIDUOS DE RESIDUOS SEGÚN ANEJO	0,500	61.089,01	30.544,51
	<b>Total 07</b>	<b>1</b>	<b>30.544,51</b>	<b>30.544,51</b>

### 3.8 Desvíos de tráfico

Para este apartado, se han usado los mismos precios de personal que para el apartado de drenaje para calcular el coste de los equipos:

EQUIPO DE EMERGENCIA EN PRESENCIA				
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe(€)
24	h	Peón especialista	14,5	348
24	h	Peón especialista	14,5	348
24	h	Peón especialista	14,5	348
24	h	Furgoneta 6 a 9 plazas	10	240
1,00	ud	Combustible	50	50
8	ud	Señalización	12,41	99,28
1	ud	Dietas	13,52	13,52
1	ud	Maquinaria pequeña	20	20
1	ud	Pequeño material	1,3	1,3
<b>TOTAL</b>				<b>1556,186</b>



EQUIPO DE EMERGENCIA EN LOCALIZACIÓN				
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe(€)
3,05	h	Peón especialista	14,5	44,225
3,05	h	Peón especialista	14,5	44,225
3,05	h	Peón especialista	14,5	44,225
3,05	h	Furgoneta 6 a 9 plazas	10	30,5
1,00	ud	Combustible	50	50
0,13	ud	Señalización	12,41	1,6133
1	ud	Dietas	13,52	13,52
1	ud	Maquinaria pequeña	20	20
1	ud	Pequeño material	1,3	1,3
			<b>TOTAL</b>	<b>264,584798</b>

EQUIPO PARA EL MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN				
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe(€)
8	h	Peón especialista	14,5	116
8	h	Peón especialista	14,5	116
8	h	Peón especialista	14,5	116
4	h	Furgoneta 6 a 9 plazas	10	40
0,50	ud	Combustible	50	25
0,5	ud	Señalización	12,41	6,205
1	ud	Dietas	13,52	13,52
1	ud	Maquinaria pequeña	20	20
1	ud	Pequeño material	1,3	1,3
			<b>TOTAL</b>	<b>481,2665</b>

CARGA, DESPLAZAMIENTO Y COLOCACIÓN DE BARRERA NEW JERSEY				
Cantidad	UM	Descripción	Precio	Importe (€)
0,1	h	Peón especialista	14,5	1,45
0,1	h	Peón especialista	14,5	1,45
0,1	MAQ	Camión pluma	41,5	4,15
				<b>7,05</b>

Para el resto de partidas, se ha hecho un comparativo de precios de subcontratistas al igual que en el capítulo de señalización, balizamiento y defensas. Por lo tanto y cómo podemos observar en el siguiente resumen, el coste total para el apartado de desvíos de tráfico sería de **518332,31€**.

		Estudio		
Ud	Resumen	Medición	Coste unitario	Coste total
	<b>DESVIOS DE TRAFICO</b>	<b>1</b>	<b>518.332,31</b>	<b>518.332,31</b>
	<b>FASE DE EXPLANADA</b>	<b>1,000</b>	<b>27.233,77</b>	<b>27.233,77</b>
m	MARCA VIAL DE 10 CM EN DESVÍOS DE OBRA	33.000,000	0,36	11.880,00
ud	SEÑAL TRIANGULAR DE 1350 MM LADO FONDO AMARILLO	20,000	161,5	3.230,00
ud	SEÑAL CIRCULAR DE 900 MM DIÁMETRO FONDO AMARILLO	20,000	147,85	2.957,00
ud	SEÑAL STOP OCTOGONAL 900 MM FONDO AMARILLO	1,000	148,9	148,90
ud	SEÑAL CUADRADA DE 1200X1200 MM LADO FONDO AMARILLO	1,000	200,35	200,35
m²	PANEL ACERO GALVANIZADO CARTELES FONDO AMARILLO	25,000	267,2	6.680,00
ud	BALIZA LUMINOSA INTERMITENTE TL-2	50,000	6,99	349,50
ud	CONO BALIZAMIENTO REFLECTANTE D=50	250,000	6,75	1.687,50
ud	PALETA MANUAL 2 CARAS STOP-OBL.	7,000	14,36	100,52
	<b>Total 08.01</b>	<b>1,000</b>	<b>27.233,77</b>	<b>27.233,77</b>
	<b>FASE DE FIRMES</b>	<b>1,000</b>	<b>86.726,04</b>	<b>86.726,04</b>
ud	JUEGO 2 SEMÁFOROS PORTÁTILOS OBRA	2,000	2976	5.952,00
Medi	EQUIPO PARA EL MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA SEÑALIZACION	48,000	481,26	23.100,48
Dia	EQUIPO PARA EL MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO DE OBRAS, EN ZONAS Y ÉPOCAS DE EXTENDIDO DE FIRMES	12,000	1556,186	18.674,23
Dia	EQUIPO DE EMERGENCIA EN LOCALIZACIÓN	108,000	264,58	28.574,64
ud	REDACCIÓN DE ESTUDIO DE AFECCIÓN AL TRÁFICO DURANTE LAS OBRAS	1,000	2.000,00	2.000,00
ud	DE ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN TIPO "OBRAS FUERA DE CALZADA"	1,000	1.724,92	1.724,92
ud	DE ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN TIPO "OBRAS CON CORTE DE UN CARRIL"	1,000	2.108,22	2.108,22
ud	DE ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN TIPO "BRAS EN CALZADA CON DESVÍO PROVISIONAL"	1,000	2.162,59	2.162,59
ud	DE ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN TIPO "OBRAS CON CORTE DE UN CARRIL UTILIZANDO SEMÁFORO"	1,000	2.428,96	2.428,96
	<b>Total 08.02</b>	<b>1,000</b>	<b>86.726,04</b>	<b>86.726,04</b>
	<b>BARRERA NEW JERSEY</b>	<b>1,000</b>	<b>404.372,50</b>	<b>404.372,50</b>
m	BARRERA DE SEGURIDAD RÍGIDA TIPO NEW JERSEY PREFABRICADA	4.000,000	36,85	147.400,00
m	CARGA, DESPLAZAMIENTO Y COLOCACIÓN DE BARRERA NEW JERSEY	36.450,000	7,05	256.972,50
	<b>Total 08.03</b>	<b>1,000</b>	<b>404.372,50</b>	<b>404.372,50</b>
	<b>Total 08</b>	<b>1</b>	<b>518.332,31</b>	<b>518.332,31</b>

### 3.9 Seguridad y Salud

Para el apartado de seguridad y salud, al igual que en el capítulo de tratamiento de residuos, se ha estimado el mismo coste que en proyecto. Por lo tanto, nuestro coste para el capítulo de seguridad y salud sería de **80788,09€**.

		Estudio		
Ud	Resumen	Medición	Coste unitario	Coste total
	SEGURIDAD Y SALUD	1	80.788,09	80.788,09
UD.	SEGURIDAD Y SALUD	0,500	161.576,18	80.788,09
	Total 09	1	80.788,09	80.788,09

### 3.10 Resumen de capítulos y resultado

Finalmente, a modo de resumen, se muestra en una tabla el coste directo de cada capítulo para confeccionar nuestro coste directo total.

RESUMEN DE CAPÍTULO	
CAPITULOS	COSTE DIRECTO
MOVIMIENTO DE TIERRAS	366.200,58
DRENAJE	128.259,42
FIRMES	2.455.255,35
SEÑALIZACION, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS	210.596
REPOSICIÓN DE SERVICIOS	103.477,97
RESTAURACIÓN AMBIENTAL	18.799,50
GESTIÓN DE RESIDUOS	30.544,51
DESVÍOS DE TRÁFICO	518.332,31
SEGURIDAD Y SALUD	80.788,09
<b>TOTAL</b>	<b>3.912.253,73 €</b>

Ahora procederemos a calcular el resultado final:

Este se calculará como **RESULTADO = PRECIO DE VENTA – COSTE TOTAL**

**PRECIO DE VENTA = PEM (Presupuesto de Ejecución Material) x Coeficiente de Adjudicación x Gastos Generales x Beneficio Industrial**

En este caso la obra, se adjudicó con un coeficiente de adjudicación de 0,796517863. Los Gastos generales son un 13% y el beneficio industrial son un 6 % sobre el PEM. El PEM del proyecto es de 4568283,4 €. De manera que:

$4568283,4 \text{ €} \times 0,796517863 \times 1,13 \times 1,06 = \mathbf{4358458,02 \text{ €} = \text{PRECIO DE VENTA}}$

Nuestro **COSTE TOTAL** se calculará como el coste directo de nuestro estudio (3912253,73€) al que habrá que sumar los gastos de gestión interna (estimados en 12 meses x 50000€ mensuales = 600000€ de acuerdo al personal necesario para la obra), las tasas de estructura (estimadas en un 4,2% sobre el PRECIO DE VENTA) y las tasas de inspección (estimadas en un 4,36% sobre el PRECIO DE VENTA). De esta manera tenemos:

**COSTE TOTAL = 3912253,73€ + 600000€ + 0,042 x 4358458,02 + 0,0436 x 4358458,02 = 4885337,74 €**

**RESULTADO = PRECIO DE VENTA – COSTE TOTAL = 4358458,02€ - 4885337,74 = -526879,72 €**

Luego se estima que las pérdidas por la realización de la obra sean de medio millón de euros aproximadamente.

RESULTADO		
12 meses a 50000€/mes	PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	4.568.283,40 €
	COEFICIENTE DE ADJUDICACIÓN	0,796517863
	GASTOS GENERALES (13%)	1,13
	BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)	1,06
	<b>PRECIO VENTA</b>	<b>4.358.458,02 €</b>
	COSTE DIRECTO	3.912.253,73 €
	GASTOS DE GESTIÓN INTERNA	600.000,00 €
	TASAS DE ESTRUCTURA (4,2% SOBRE VENTA)	183.055,24 €
	TASAS DE INSPECCIÓN (4,36% SOBRE VENTA)	190.028,77 €
	<b>COSTE TOTAL</b>	<b>4.885.337,74 €</b>
<b>RESULTADO</b>	<b>PRECIO VENTA - COSTE TOTAL</b>	<b>-526.879,72 €</b>

## 4 PROPUESTAS DE MEJORA

### 4.1 Acelerar al máximo posible la capa base de aglomerado

Como se ha descrito en los capítulos de firmes y desvíos de tráfico, en la fase de firmes se alcanza una situación crítica cuando se acaba la fase de suelocemento y reciclado con cemento in situ y el tramo se abre al tráfico. El tráfico pesado (un 50% de la IMD) realiza un deterioro severo sobre este paquete de firme y el tratamiento con gravilla que se realiza para protegerlo no llega a ser suficiente en muchos casos.

Como propuesta de mejora, y como se ejecutó en la realidad, se propone la no ejecución del tratamiento con gravilla y tratar de acelerar al máximo posible la capa base de aglomerado.

Para acelerar esto lo máximo posible y que el subcontratista no ponga problemas con el desplazamiento de sus equipos (si hay muchos parones o muchos desplazamientos de equipos va a repercutir en la oferta), se propone aglomerar la capa base en 4 fases. Dividiendo los 10 Km en 2 mitades de 5 Km y a su vez estas mitades en dos partes: una parte correspondiente al suelocemento y otra parte correspondiente al reciclado.

De manera que la idea es tener a la recicladora ejecutando la capa de suelocemento durante los primeros 5Km y justo cuando vaya a finalizar (teniendo en cuenta que tienen que pasar 7 días hasta que el tráfico pase por la sección), comenzar la ejecución de la capa base de aglomerado de esa sección, después la recicladora volverá hacia atrás para ejecutar la sección de reciclado in situ y de nuevo cuando vaya a acabar, aglomerar lo más rápido posible.

Así se ahorrará la realización de la capa de gravilla y las secciones de firme solo estarán expuestas al tráfico durante el tiempo que pase entre los 7 días posteriores a su ejecución y el comienzo de la capa de aglomerado.

Estimando un rendimiento de 700 metros lineales al día para el suelocemento, en unos 12 días estaría acabado. Esto quiere decir que estaría expuesto al tráfico el tramo ejecutado el primer día durante 5 días (12 – 7 de espera) + el tiempo que se tarde en comenzar que será incluso antes de la finalización por lo que como mucho estará expuesta al tráfico durante 4-5 días lo cual es asumible limitando las velocidades.

De esta manera no se ejecutará aproximadamente un 80% del tratamiento con gravilla, aunque habrá tramos en los que será necesario echar el tratamiento por ser zonas más potenciales al desgaste (por ejemplo, en la zona en torno a los p.k. 17+000 y 17+800 en la cual aumenta significativamente la pendiente longitudinal y es necesario proteger la capa aunque sean pocos días). Luego el coste se reducirá en:

$0,8 \times 10245,94 \text{ € (gravilla)} + 0,8 \times 60101,89 \text{ € (emulsión)} = \mathbf{56278 \text{ € sobre el PEM.}}$

$0,8 \times 32245,28 \text{ € (gravilla)} + 0,8 \times 72972,4 \text{ € (emulsión)} = \mathbf{84174,14\text{€ sobre coste directo.}}$

Aunque esta reducción afecte al precio de venta, se espera recuperar este dinero a la administración en base a conceptos de reclamación que aún no han sido atendidos y que, por lo tanto, se espera cobrar en el futuro.

Además, con esta aceleración se prevé que la duración total de la obra se reduzca en 2 semanas. La cuantificación en costes de esto se comentará en la siguiente medida propuesta.



## 4.2 Reducción del tiempo de espera en suelocemento y reciclado

Esta detallado en el proyecto, que el tiempo de espera antes de que la capa ejecutada de suelocemento y reciclado sea abierta al tráfico sea de 7 días.

Sin embargo, acogiéndonos a la norma (PG-3) esta establece que la resistencia de las probetas extraídas tiene que alcanzar valores entre 2,5 como mínimo y 4,5 como máximo. Según probetas que se iban extrayendo a lo largo de la obra, estas alcanzaban una resistencia a los 4 días en valores entre 3 Mpa y 4 Mpa. De manera que con la autorización de la dirección de obra se permitió abrir los cortes de tráfico a los 4 días siempre y cuando se justificase en el boletín de calidad correspondiente que esa capa de firme en ese tramo concreto había alcanzado la resistencia característica.

Esto permite la aceleración en cuanto a cortes de tráfico se refiere, de manera que se reducen los metros lineales los cuales se encuentran con tráfico alternativo y se reduce la congestión creada por el corte.

Esta reducción de tiempos supone otras 2 semanas menos de trabajo. En total, junto con la anterior propuesta esto supone una reducción total del plazo de ejecución de 1 mes que, traducido económicamente:

- **50000€** de reducción de gastos de gestión interna correspondientes a 1 mes.
- 20 días menos de trabajo para el equipo de mantenimiento y conservación de señales, es decir  $20 \times 481,26 \text{ €} = \mathbf{9625\text{€}}$  sobre coste directo, que supone sobre el PEM  $20 \times 495,51 = \mathbf{9910\text{€}}$ .
- 10 días menos de trabajo para el equipo de emergencia en fines de semana y festivos, es decir  $10 \times 264,58 \text{ €} = \mathbf{2645,8\text{€}}$  sobre nuestro coste directo, que sobre el PEM supone:  $10 \times 300,38 = \mathbf{3000,8\text{€}}$ .

Luego, en resumen:

- **- 50000€ de gastos de gestión interna.**
- **- 12910,8€ sobre el PEM.**
- **- 12270€ sobre nuestro coste directo.**

Nuevamente, aunque esta reducción afecte al precio de venta, se espera recuperar este dinero a la administración en base a conceptos de reclamación que aún no han sido atendidos y que, por lo tanto, se espera cobrar en el futuro.

## 4.3 Reducción del porcentaje de cemento

Anteriormente se ha citado que según el PG-3 la resistencia a compresión simple de las probetas de suelocemento tiene que estar entre valores de 2,5 y 4,5 Mpa. De acuerdo al desarrollo de la obra y debido a las resistencias altas que fueron saliendo (en torno a 4 y 4,5 Mpa) se decidió bajar el porcentaje de cemento en el suelocemento y reciclado in situ con cemento del 3% a valores del 2,5%.

Traducido económicamente:

$3595,6 \text{ Tn de cemento al } 3\% \times 82\text{€/Tn} = \mathbf{294841,74\text{€}}$

2996.33 Tn de cemento al 2,5% x 82€/Tn = 245699.33€

A esto habrá que sumarle el coste de suelocemento o reciclado a añadir debido a la disminución del 0.5% de cemento:

3595,6 Tn – 2996,33 Tn = 599,27 Tn

Suponiendo una media de 10€/m<sup>3</sup> de reciclado o suelocemento y una densidad de tierras de 2 Tn/m<sup>3</sup>:

599,27 Tn x 0,5 m<sup>3</sup>/Tn x 10 €/m<sup>3</sup> = 3000€

Luego el ahorro económico será de: 294841,74 - (245699.33 + 3000) = **46145,32 € sobre nuestro coste directo**. Y sobre nuestro PEM:

3595,6 Tn de cemento al 3% x 79,61€/Tn = 286245€

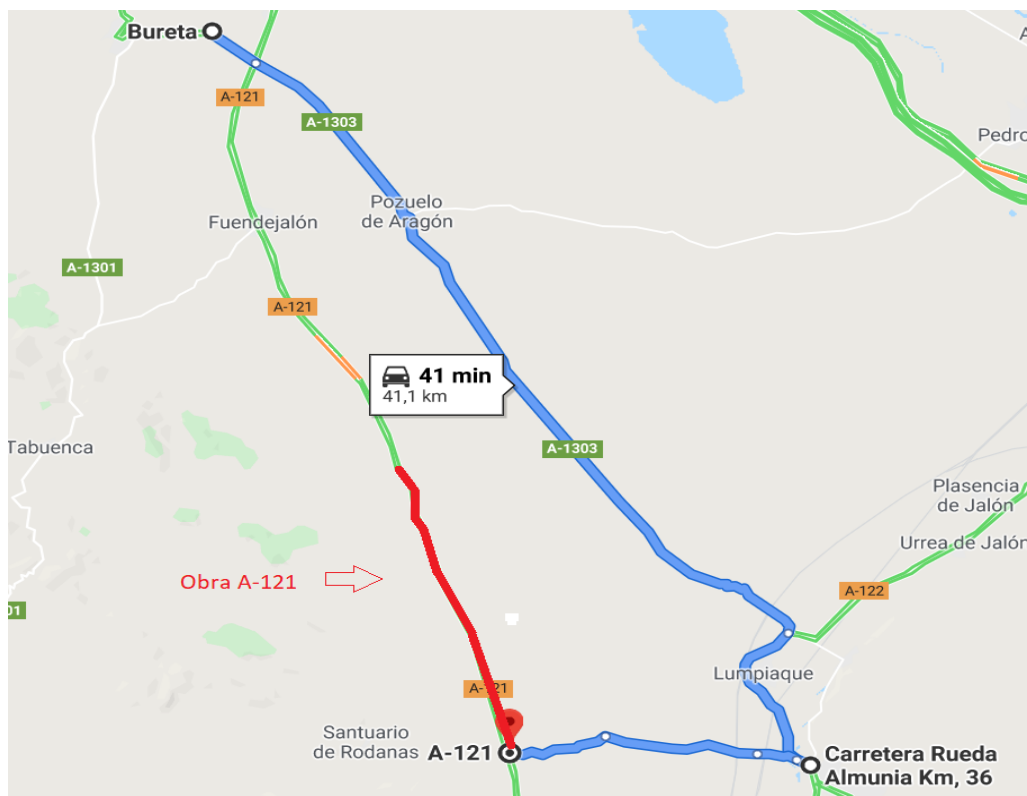
2996.33 Tn de cemento al 2,5% x 79,61€/Tn = 238537€

286245 – 238537 = **47707,16 € sobre el PEM**.

De nuevo, este dinero está previsto ser recuperado en futuras reclamaciones a la administración en base a otros conceptos surgidos durante la obra.

#### 4.4 Supresión del tráfico pesado

En sintonía con las 2 anteriores propuestas, ya que el tráfico pesado es un problema en cuanto al desgaste de las capas tratadas con cemento, otra opción es la de no permitir el paso de estos vehículos por la carretera y desviarlos por una ruta alternativa.



*Ilustración 43 Ruta alternativa propuesta por la A-1303*

La opción, como se puede ver en la imagen es la desviar al tráfico pesado por la A-1303, dejando el tráfico de vehículos ligeros por la A-121. Existe un punto llegando a la localidad de Épila en el que los vehículos pesados se podrían reincorporar a la A-121 en un tramo no afectado en la fase 1 y podrían seguir dirección Ricla. Esto les incrementaría su trayecto en unos 15 minutos, que es aproximadamente el tiempo que podrían estar retenidos en la obra debido a los cortes.

Podría pensarse la viabilidad de desviar todo el tráfico por esta ruta alternativa pero el estado de la carretera A-1303 supondría problemas de seguridad si se aumentase tanto su tráfico.

Esta propuesta aportaría flexibilidad a los cortes de tráfico y de nuevo, permitiría la no ejecución de la mayor parte del tratamiento simple con gravilla (80%). Esta reducción ya se ha visto calculada en la primera propuesta y consiste en un total de 84174,14€ sobre el precio nuestro coste directo y 56278 € sobre el PEM.

#### 4.5 Marcos prefabricados

En la obra está previsto la prolongación de 2 Marcos existentes de dimensiones:

- Marco 1: 1,5 x 1 metros + 2 metros x 2 aletas y una longitud de prolongación de 4 metros. P.K. 17+695.
- Marco 2: 3 x 2,5 metros + 4,5 metros x 2 aletas y una longitud de prolongación de 4 metros. P.K. 20+547.

De acuerdo a lo estudiado en este documento su coste total es de 19011€ teniendo en cuenta el coste de encofrados, acero, hormigón, tuberías y rellenos.

Según la oferta del subcontratista para marcos prefabricados tenemos:

- 996,46 € / ml para marcos de 3 x 2,5 + 80 € / ml para las aletas.
- 673.02 € / ml para marcos de 1,5 x 1 + 80 € / ml para aletas.

\*El precio de las aletas está incluido hasta aletas de 4 metros de altura.

Debido a que las dimensiones de las aletas son inferiores a 4 metros de altura tendremos:

$$4 \times 673,02 + 80 \times 2 \times 2 + 4 \times 996,46 + 80 \times 4,5 \times 2 = 7717,92 \text{ €}$$

Por lo tanto, la sustitución de marcos in situ por marcos prefabricados supondría un ahorro de **11293 €** sobre nuestro **coste directo**.

#### 4.6 Inclusión de una fresadora para aumentar la producción

En el capítulo de firmes se comenta que el rendimiento en la fase de firmes para el reciclado in situ es de aproximadamente 350 metros lineales diarios para 7 metros de sección. Sin embargo, teniendo en cuenta que el cuello de botella es la maquina recicladora y que el resto de las máquinas van sobradas en cuanto a rendimiento, se propone la inclusión de una fresadora para aumentar la producción.

El principal problema de la recicladora es que no es capaz de reciclar de golpe los 35 cm de sección a disponer, es decir, no es capaz en una pasada de fresar los 35 cm y a la vez mezclarlo con el agua y el cemento para constituir la capa de firme. Por este motivo, como se comentó en

el capítulo de firmes, la maquina hacia un primer fresado para posteriormente retroceder y terminar el reciclado.

Incluyendo una fresadora que vaya por delante de la recicladora y frese 20 cm, después la recicladora si será capaz de reciclar los 35 cm y por lo tanto aumentaremos la producción.

Teniendo en cuenta un rendimiento para la fresadora de 50000 m<sup>2</sup>\*cm al día:

50000 (7 x 20) = 357 metros lineales diarios (teniendo en cuenta que frese 20 cm).

Es decir, el incluir la fresadora, multiplica por 2 la producción ya que avanza al mismo ritmo que avanzaba la recicladora (350 metros para 7 metros de sección). Habrá que tener en cuenta que ahora necesitaremos 2 motoniveladoras, ya que 1 no será capaz de realizar toda la producción diaria ella sola. Traduciendo esto a costes tendríamos:

$10000 \text{ m} / 700 \text{ m} \times 5900 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 84285 \text{ €}$  como coste de la recicladora.

$10000 \text{ m} / 700 \text{ m} \times 2100 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 30000 \text{ €}$  como coste de la fresadora.

$10000 \text{ m} / 700 \text{ m} \times 590 \frac{\text{€}}{\text{día}} \times 2 = 16857 \text{ €}$  como coste de las motoniveladoras.

$10000 \text{ m} / 700 \text{ m} \times 600 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 8571 \text{ €}$  como coste del rodillo liso + juntas transversales.

$10000 \text{ m} / 700 \text{ m} \times 250 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 3571 \text{ €}$  como coste para la cuba de agua.

Coste total = 84285 + 30000 + 16857 + 8571 + 3571 = 143284€

Respecto a los 240307€ (8,23 €/m<sup>3</sup>) según la oferta del subcontratista, tendríamos un ahorro de **97000€** sobre nuestro **coste directo**.

Es decir, con esta medida conseguiríamos un precio unitario para el reciclado de:

$143284 / (10000 \times 7 \times 0,35) = 5,84 \text{ €/m}^3$ .

## 4.7 Resumen de las propuestas

Agrupando todas las reducciones anteriormente justificadas a modo de resumen nos quedaría la siguiente tabla:

RESUMEN DE PROPUESTAS			
PROPUESTAS	COSTE DIRECTO	VENTA	G. GESTIÓN INTERNA
Aceleración aglomerado	-84174,14	-56278	0
Reducción tiempos de espera	-12.270,00	-12.910,80	-50000
Reducción porcentaje cemento	-46145,32	-47.707,16	0
Supresión tráfico pesado	0	0	0
Marcos prefabricados	-11.293,00	0	0
Inclusión de fresadora	-97.000,00	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>-250.882,46 €</b>	<b>-116.895,96 €</b>	<b>-50.000,00 €</b>

Ahora procederemos a calcular un nuevo resultado en base a la aplicación de estas propuestas y siguiendo el mismo procedimiento que en nuestro estudio económico:

Nuestro antiguo PEM era de 4568283€ que ahora se va a ver reducido en 116895 € por lo que nuestro nuevo precio de venta será de:

$$(4568283 - 116895) \times 0,796517863136166 \times 1,13 \times 1,06 = \mathbf{4246932,11 \text{ €}}$$

Nuestro antiguo coste directo era de 3912253 € que ahora va a ser reducido en 250882 € por lo que nuestro nuevo coste directo total será de **3661371,27 €**.

Nuestros gastos de gestión interna antes eran de 600000€ y ahora serán de **550000€**.

Aplicando todo esto al cálculo de nuestro nuevo resultado y teniendo en cuenta las variaciones de los costes proporcionales a la venta tenemos:

RESULTADO	
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	4.451.388,40 €
COEFICIENTE DE ADJUDICACIÓN	0,796517863
GASTOS GENERALES (13%)	1,13
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)	1,06
<b>PRECIO VENTA</b>	<b>4.246.932,11 €</b>
COSTE DIRECTO	3.661.371,27 €
GASTOS DE GESTIÓN INTERNA	550.000,00 €
TASAS DE ESTRUCTURA (4,2% SOBRE VENTA)	178.371,15 €
TASAS DE INSPECCIÓN (4,36% SOBRE VENTA)	185.166,24 €
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>4.574.908,66 €</b>
<b>PRECIO VENTA - COSTE TOTAL</b>	<b>-327.976,55 €</b>

Sin embargo, estás no serán nuestras pérdidas reales puesto que como anteriormente se ha mencionado, existen 116895,96 € sobre el PEM que se esperan recuperar en futuras reclamaciones a la administración. Además, y en base a otros conceptos que se explican a continuación, se espera recuperar en total un 5% de la venta en la liquidación final:

- Se mandó acondicionar y aglomerar en caminos y accesos a fincas los cuales han sido justificados como un 3,5% sobre el coste total del aglomerado a pagar de más. Sin embargo, esto no repercutió en nuestro coste directo debido a que se echaron prácticamente las mismas toneladas que en proyecto. Dado que el coste total del aglomerado fue de 1550831€ teniendo en cuenta base, rodadura y betún, un 3.5% supondría un total de 54279€ a reclamar a la administración.
- Por otro lado, se mando acondicionar una zona de visibilidad alegando que los vehículos que circularan por esa zona no tenían suficiente visibilidad del trazado, y por lo tanto se encargó un desmonte adicional. En nuestro coste directo la repercusión fue despreciable por tener la maquinaria ya en obra y haber tenido un aumento en cuanto a los rendimientos previstos. Sin embargo, la administración valoró la medición en unos 4500 m3 de excavación y 1200 m3 de tierra vegetal lo que se traduce a:  $4500 \text{ m}^3 \times 2,81 \text{ €/m}^3 + 1200 \text{ m}^3 \times 2,22 \text{ €/m}^3 = 15309\text{€}$ .



- Existe un transporte final de barrera a lugar de acopio encargado por la administración en el cual se aprovecharon los 2 camiones pluma usados para la retirada de barrera de seguridad y posteriormente para la colocación de la nueva. Dado que se trata de aproximadamente 4000 unidades, a un precio de transporte de 7,05€/ud hace un total de 28000€ a reclamar.

Todos estos costes hacen un total de  $28000 + 15309 + 54279 + 116895 = 214573€$  que son aproximadamente un 5% del precio de venta.

Luego el nuevo precio de venta será el PEM inicial teniendo en cuenta los gastos generales, el beneficio industrial, el coeficiente de adjudicación y mi liquidación estimada (5% sobre la venta inicial):

**VENTA NUEVA Y DEFINITIVA =  $(4451388,4€ + 116895,96€) * 1,19 * 0,796517863 * 1,05 = 4546580,76 €$**

Luego el resultado esperado es:

**RESULTADO DEFINITIVO =  $4546580,76 - 4574908,66 = -28327 €$**

Luego en base a todas las medidas propuestas y reclamaciones previstas a la administración, se espera que las pérdidas de la obra sean mínimas (28000€) y, por lo tanto, justificar la baja que ejerció el contratista principal de la obra para la licitación.

## BIBLIOGRAFÍA

**“Ensanche, refuerzo y acondicionamiento de firme en la A-121 P.K. 38+000 a P.K. 15+000”.**

Gonzalo Fernández Manceñido y María Villagra Ureta (2016).

**“Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carretera y puentes PG-3”**

(Versión 2019).

**“Normas y Señales Reguladoras de la circulación DGT”** (Versión 2015).

**“Señalización y Balizamiento de Obras del Gobierno de Aragón”** (Versión 2013).

**“Recomendaciones técnicas para el dimensionamiento de firmes de la red autonómica aragonesa”** (Abril 2011).

**“Norma 6.1 IC Secciones de firme, de la instrucción de carreteras ”**(Diciembre 2003).